

SÉRIE A N° 649

N° D'ORDRE

1391

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ES SCIENCES NATURELLES

PAR

G. GARDE

PRÉPARATEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE CLERMONT-FERRAND

ANCIEN MEMBRE DE LA MISSION NIGER-TCHAD (MISSION TILHO)

1^{re} THÈSE : DESCRIPTION GÉOLOGIQUE DES RÉGIONS SITUÉES ENTRE LE
NIGER ET LE TCHAD ET A L'EST ET AU NORD-EST
DU TCHAD.

2^e THÈSE : PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 21 décembre 1910, devant la Commission d'examen

MM. CHATIN..... *Président.*

HAUG.....

MOLLIARD..... *Examineurs.*

CLERMONT-FERRAND

IMPRIMERIES TYPOGRAPHIQUE ET LITHOGRAPHIQUE G. MONT-LOUIS

1910

DESCRIPTION GÉOLOGIQUE

DES

RÉGIONS SITUÉES ENTRE LE NIGER ET LE TCHAD

ET A L'EST ET AU NORD-EST DU TCHAD

SÉRIE A N° 649

N° D'ORDRE

1391

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

G. GARDE

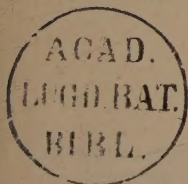
PRÉPARATEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE CLERMONT-FERRAND

ANCIEN MEMBRE DE LA MISSION NIGER-TCHAD (MISSION TILHO)

1^{re} THÈSE : DESCRIPTION GÉOLOGIQUE DES RÉGIONS SITUÉES ENTRE LE
NIGER ET LE TCHAD ET A L'EST ET AU NORD-EST
DU TCHAD.

2^e THÈSE : PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 2/ décembre 1910, devant la Commission d'examen



MM. CHATIN.....

Président.

HAUG.....

MOLLIARD.....

} *Examineurs.*

CLERMONT-FERRAND

IMPRIMERIES TYPOGRAPHIQUE ET LITHOGRAPHIQUE G. MONT-LOUIS

1910

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

MM.

Doyen P. APPELL, *Profes.* Mécanique rationnelle.

Doyen honoraire. . G. DARBOUX, — Géométrie supérieure.

Profess. honoraires. { L. TROOST.

Ch. WOLF.

J. RIBAN.

LIPPMANN Physique.

BOUTY Physique.

BOUSSINESQ Physique mathém. et calcul des probabilités.

PICARD Analyse supérieure et algèbre supérieure.

H. POINCARÉ Astronomie mathém. et mécanique céleste.

Y. DELAGE Zoologie, anatomie, physiologie comparée.

G. BONNIER Botanique.

DASTRE Physiologie.

KÖNIGS Mécanique physique et expérimentale.

VÉLAIN Géographie physique.

GOURSAT Calcul différentiel et calcul intégral.

CHATIN Histologie.

HALLER Chimie organique.

JOANNIS Chimie (Enseignement P. C. N.).

JANET Physique. id.

Professeurs. WALLERANT Minéralogie.

ANDOYER Astronomie physique.

PAINLEVÉ Mathématiques générales.

HAUG Géologie.

HOUSSAY Zoologie.

H. LE CHATELIER Chimie.

Gabriel BERTRAND Chimie biologique.

M^{me} P. CURIE Physique générale.

CAULLERY Zoologie (Évolution des êtres organisés).

C. CHABRIÉ Chimie appliquée.

G. URBAIN Chimie.

Emile BOREL Théorie des fonctions.

MARCHIS Aviation.

Jean PERRIN Chimie physique.

G. PRUVOT Zoologie, anatomie, physiologie comparée.

N... Application de l'analyse à la géométrie.

N... Calcul différentiel et calcul intégral.

PUISEUX Mécanique et astronomie.

LEDUC Physique.

MATRUCHOT Botanique.

MICHEL Minéralogie.

Professeurs adjoints { HÉROUARD Zoologie.

Léon BERTRAND Géologie.

Rémy PERRIER Zoologie (Enseignement P. C. N.).

MOLLIARD Physiologie végétale.

COTTON Physique.

Secrétaire D. TOMBECK.

A mon Maître

M. A. LACROIX

MEMBRE DE L'INSTITUT

PROFESSEUR AU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

Hommage de respectueuse reconnaissance

AVANT-PROPOS

J'ai exploré nos possessions soudanaises du Sud-Saharien comme membre de la mission de délimitation du Niger au Tchad (mission Tilho).

Celle-ci partit en octobre 1906, et son dernier détachement, dont je faisais partie, rentra en France en janvier 1909.

La très grande liberté d'action et les facilités de déplacement que m'avait accordées le chef de mission m'ont permis, entre le Niger et le Tchad, de m'écarter très loin de la frontière, sur laquelle opéraient mes camarades, et d'étudier la plus grande partie des territoires qui sont soumis à notre influence.

Pour l'exploration des régions désertiques qui s'étendent à l'est, au nord-est et au nord du Tchad, et que parcourent fréquemment de fortes bandes armées de pillards, venant du Borkou et du Tibesti, j'ai toujours voyagé en compagnie de plusieurs de mes camarades de mission, et sous la protection de solides escortes de tirailleurs sénégalais.

J'ai conservé un excellent souvenir des bons rapports que nous avons toujours eus, mes camarades de mission (1) et moi, durant tout notre séjour dans le centre de l'Afrique.

Dans les différents postes militaires où j'ai passé, j'ai toujours trouvé, auprès des officiers et des sous-officiers, l'accueil le plus aimable et l'hospitalité la plus large.

..

La partie pétrographique et minéralogique de mon travail a été faite dans le laboratoire de minéralogie du Muséum. M. Lacroix, avec la grande bienveillance connue de tous ceux qui ont fréquenté son

(1) La mission Niger-Tchad se composait de MM. Tilho, capitaine d'infanterie coloniale, chef de la mission; Audoin, lieutenant de vaisseau, sous-chef; Landeroin, officier interprète; Lauzanne et Vignon, capitaines; Mercadier et Richard, lieutenants; Gaillard, médecin-major; Rozerot de Meslin, administrateur adjoint des colonies; Arnaud, Roux, Cosson, Schneider, Thibaut, Brocard, Treille et Porcon, sous-officiers; et Garde, préparateur de géologie à la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand.

laboratoire, a bien voulu me diriger de ses conseils et m'aider de son précieux concours. Je tiens à lui exprimer, ici, ma très vive reconnaissance.

Pour l'étude des fossiles que j'ai rapportés du Soudan, et dont M. Douvillé, membre de l'Institut, professeur à l'Ecole des Mines, a bien voulu contrôler la détermination d'un certain nombre, j'ai travaillé dans les laboratoires de paléontologie du Muséum, de la Sorbonne et de l'Ecole des Mines où j'ai trouvé la plus grande facilité de travail.

Dans tous ces établissements scientifiques — au Muséum, auprès de MM. Boule, professeur, Thévenin, assistant, Cottreau, préparateur; à la Sorbonne, auprès de MM. Haug, professeur, Gentil, maître de conférences, Pervinquière, chef des travaux pratiques, Blayac, préparateur; à l'Ecole des Mines, auprès de M. Douvillé, professeur, — partout, j'ai rencontré l'accueil le meilleur et reçu les encouragements et les conseils les plus précieux.

La collection malacologique que j'ai rapportée du Tchad et principalement des régions situées à l'est et au nord-est de ce lac, a été étudiée par M. Germain, préparateur au Muséum.

M. Gautier, chef des travaux pratiques de chimie à la Faculté de Clermont, très gracieusement, a fait l'analyse de plusieurs échantillons des efflorescences salines que j'ai recueillies dans les mares des régions tchadiennes.

Pour la confection des coupes et des profils géologiques (distances et altitudes), j'ai utilisé les mesures effectuées par mes camarades de la mission Niger-Tchad.

A tous ceux qui m'ont aidé de leur science, de leurs conseils ou de leurs encouragements, j'exprime ma sincère gratitude.

*
* *

Dans ce travail sur la géologie du centre de l'Afrique, je n'étudie que les régions que j'ai visitées, et j'évite avec soin des généralisations trop hâtives, car les contrées avoisinantes sont, pour la plupart, encore inexplorées.

APERÇU GÉNÉRAL

Aspect. — Toutes les régions du Soudan que j'ai explorées (fig. 1), soit entre le Niger et le Tchad, soit à l'est et au nord-est du Tchad, sont recouvertes, d'une façon générale, par un puissant manteau de sables ou de formations sablo-argileuses, d'épaisseur très variable.

Vers l'ouest, en deçà de Zinder, au nord et au nord-est de Zinder, dans le Damergou, l'Alakos et le Koutous, ce sont principalement des dépôts sablo-argileux, passant à des grès, qui dominent. Ils forment des plateaux, ou des lambeaux de plateaux, très grandement entaillés par de larges vallées sèches nommées dallols. Ils sont ordinairement coiffés par un chapeau de grès ferrugineux.

Dans l'Adar-Doutchi, a peu près à égale distance entre le Niger et Zinder, des formations calcaires fossilifères sont intercalées dans ces sables argileux dont ils sont un faciès latéral.

Dans le Damergou, il existe également des calcaires fossilifères au milieu des sables argileux qui constituent tout ce pays.

Vers l'est, au delà de Zinder, les formations détritiques sont essentiellement sableuses et représentent presque partout d'anciennes dunes que les vents et les pluies ont démolies et que la végétation fixe maintenant.

De grandes cuvettes, parfois occupées par des mares salées, le plus souvent temporaires, s'ouvrent entre ces sables et sont ordinairement le siège d'une active exploitation de sel.

Le caractère dunaire est encore plus accentué de l'autre côté du Tchad. Dans le Kanem, les monticules de sable atteignent de 60 à 80 mètres de hauteur.

Plus loin encore, dans l'Égueï, le Toro, le Koro, qui sont à des altitudes plus basses que le Tchad, le paysage sablonneux subsiste toujours.

Des dépôts coquillifères, de nature calcaire, y abondent et témoignent d'un récent recouvrement par les eaux de ces régions.

Plus loin, dans le Borkou, au nord-est, et dans le Mortcha, au

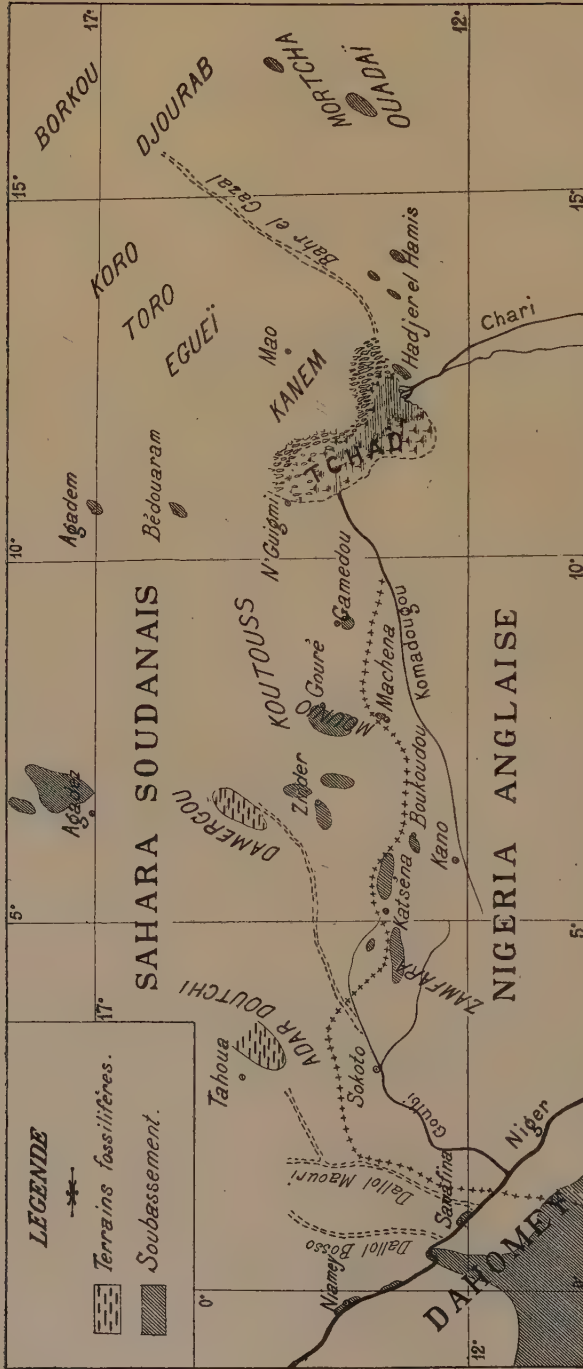


Fig. 1. — CARTE SCHEMATIQUE DES RÉGIONS SITUÉES ENTRE LE NIGER ET LE TCHAD
ET À L'EST ET AU NORD-EST DU TCHAD.

sud-est, d'après les renseignements que m'a fournis le lieutenant Ferrandi et les échantillons qu'a rapportés cet officier, ce sont des grès qui constituent tout le pays.

Soubassement. — Le soubassement de ces dépôts sédimentaires ou détritiques est constitué par des roches cristallines ou schisto-cristallines ; il n'est visible qu'en un petit nombre d'endroits et sur des espaces peu étendus.

Vers l'ouest, ce soubassement apparaît en plusieurs points dans la vallée du Niger : à Niamey où le granite affleure dans le lit du fleuve ; en aval de Niamey où se terminent les dernières ramifications de la chaîne quartziteuse de l'Ataccora ; enfin à Sanafina, sur la rive gauche, où j'ai observé un petit pointement de roches granitiques.

Un peu plus à l'ouest, dans le haut Dahomey, les formations sablo-argileuses, de nature gréseuse, cessent et le soubassement cristallin ou schisto-cristallin affleure à peu près partout, ainsi que l'a constaté M. Hubert [60].

Le soubassement ne se voit plus qu'à plusieurs centaines de kilomètres plus à l'est, à peu près à égale distance entre le Niger et le Tchad.

Dans les régions du Zamfara, de Katséna, de Zinder, de Gouré, qui sont légèrement surélevées et qui forment un nœud hydrographique, sur plus de 400 kilomètres de large, des roches cristallines variées et des roches schisto-cristallines émergent entre les sables, en de nombreux points et sur d'assez vastes espaces.

C'est d'abord la région granitique du Zamfara où prennent naissance les seuls cours d'eau, pour la plupart temporaires, du Sud-Saharien, les affluents du Goulbi qui se déversent dans le Niger, à l'ouest, et la Komadougou qui se jette dans le Tchad, à l'est.

Puis, c'est le massif granitique de Zinder qu'accompagnent, au nord-est et au sud-est, deux massifs quartziteux.

Enfin, c'est le massif granitique du Mounio avec ses trois satellites, les petits massifs de Mia et de Machéna, et les pointements de Gamedou.

Au nord du Mounio, entre celui-ci et le Koutous, le soubassement granitique ou schisto-cristallin affleure également au milieu des sables.

De l'autre côté du Tchad, dans les régions que j'ai visitées, les affleurements de roches cristallines sont encore plus rares et bien moins étendus. Je n'ai vu que les pointements rhyolitiques d'Hadjer el Hamis, sur le bord sud du Tchad.

Les pointements granitiques de Moïto et d'Yao, au sud du sillon du Bahr el Gazal, ont été étudiés par M. Freydenberg ; celui de N'Goura, par M. Courtet. On m'a dit qu'il existe, toujours dans les mêmes régions, des pointements rocheux à Aouni et à Sayal.

Le lieutenant Ferrandi m'a remis des granites de la région du Mortcha où ils affleurent, dans les vallées, sous des formations gréseuses qui recouvrent tout le pays.

Tout récemment les capitaines Schneegans et Bourreau ont recueilli des roches granitiques et des roches cristallophylliennes dans l'Ouadaï.

Au nord du Tchad, sur la route de Bilma, le lieutenant Ayasse a rapporté de Beduaram et d'Agadem des roches basaltiques que le capitaine Freydenberg a étudiées.

Enfin, tout à fait au nord de Zinder, dans l'Aïr, à partir d'Agadès, M. Chudeau a décrit des roches cristallophylliennes et des roches éruptives, qui sont très puissamment développées au delà de cette ville.

DIVISIONS DE L'OUVRAGE

I. — Dans une première partie, j'étudierai les régions soudanaises de la rive gauche du Niger qui appartiennent encore ou qui ont appartenu au bassin de ce fleuve.

J'envisagerai successivement :

- A) La géographie physique de ces régions ;
- B) Leur description géologique.

II. — Dans une deuxième partie, je m'occuperai du bassin intérieur du Tchad et j'étudierai d'abord le lac Tchad dans sa constitution, ses variations et son origine, puis je décrirai les régions que j'ai explorées à l'ouest, au nord et à l'est de ce lac, et je dirai un mot de celles qui se trouvent plus à l'est.

Enfin dans une troisième partie, consacrée à la pétrographie et à la minéralogie, j'étudierai les intéressantes *roches alcalines* des environs de Zinder et de la région du Mounio, et je décrirai les espèces minérales que j'ai recueillies dans le centre de l'Afrique.

BIBLIOGRAPHIE

1. — **Alexander (Lieut^t Boyd)**. From the Niger to the Nil. London, Arnold, 1907.
2. — **Audoin**. Notice hydrographique sur le Tchad. *La Géographie*, t. XII, p. 305, 1905.
3. — **Id.** La Géographie du Tchad. *Doc. scient. de la mission Tilho*, t. I, p. 1, 1910.
4. — **Barth (H.)**. Voyages et découvertes dans l'Afrique septentrionale et centrale pendant les années 1849 à 1855, traduction par Paul Ithier. Paris, 1860-1861.
5. — **Bather (F. A.)**. Eocene Echinoïds from Sokoto. *The Geological Magazine*, t. I, p. 292, 1904.
6. — **Bordeaux (commandant)**. Deux contre-rezzous dans l'Ouadaï, l'Ennedi et le Borkou. *La Géographie*, t. XVIII, p. 209, 1908.
7. — **Chambert (capitaine)**. Notes sur le cercle de Gouré dans la région de Zinder. *Revue Coloniale*, année 1908, p. 263, 1908.
8. — **Chevalier (A.)**. De l'Oubangui au Tchad à travers le bassin du Chari. *La Géographie*, t. IX, p. 323, 1904.
9. — **Id.** Mission Chari-Lac Tchad, 1902-1904, L'Afrique centrale française. Récit du voyage de la mission par A. Chevalier; appendice par MM. Pellegrin, Germain, Courtet, Petit, Bouvier, Lesne, du Buysson, Surcouf. Paris, A. Challamel, 1907.
10. — **Chudeau (R.)**. Sur la géologie du Sahara. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXXI, p. 566, 1905.
11. — **Id.** De Zinder au Tchad. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXLIII, p. 193, 1906.

12. — **Chudeau (R.)**. D'Iférouane à Zinder. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXLII, p. 530, 1906.
13. — Id. Nouvelles observations sur la géologie du Sahara. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXLII, p. 241, 1906.
14. — Id. Le Lutétien au Soudan et au Sahara. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXLIV, p. 811, 1907.
15. — Id. La géologie du Sahara central. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXLIV, p. 1385, 1907.
16. — Id. Sur les roches alcalines de l'Afrique centrale. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXLV, p. 82, 1907.
17. — Id. Excursion géologique au Sahara et au Soudan. *Bull. Soc. géol. Fr.* (4), t. VII, p. 319, 1907.
18. — Id. D'Alger à Tombouctou par l'Ahaggar. L'Aïr et le Tchad. *La Géographie*, t. XV, p. 261, 1907.
19. — Id. L'Aïr et la région de Zinder. *La Géographie*, t. XV, p. 321, 1907.
20. — Id. Phénomènes actuels et phénomènes récents au Sahara. *Assoc. franç. Av. sc.*, Congrès de Reims, vol. II, p. 389, 1907.
21. — Id. Etude sur le Sahara et le Soudan. *Les Annales de Géographie*, XVII^e année, p. 34, 1908.
22. — Id. Mission au Sahara. Sahara soudanais. Paris, Armand Colin, 1909.
23. — Id. Ammonites du Damergou (Sahara méridional). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (4), t. IX, p. 67, 1909.
24. — **Cottreau (J)**. Echinides du Soudan. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (4), t. VIII, p. 551, 1908.
25. — **Courtet (H)**. Les sels de la région du Tchad. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXL, p. 316, 1905.
26. — **Cornet (capitaine)**. Au Tchad. Paris, Plon-Nourrit, 1910.
27. — **Denham**. Narrative of travels and discoveries in Northern and Central Africa. London, John Murray, 1826.

28. — **Destenave**. Sur les reconnaissances géographiques exécutées dans la région du Tchad. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXXXVI, p. 575, 1903.
29. — **Id.** Exploration des îles du Tchad. *La Géographie*, t. VII, p. 421, 1903.
30. — **Id.** Le lac Tchad. *Revue générale des Sciences pures et appliquées*, t. XIV, p. 649 et p. 717, 1903.
31. — **Douvillé (H)**. Etudes géologiques. *Mission scientifique en Perse par J. de Morgan*, t. III, Paris.
Observations à la note de G. Garde (voir ci-dessous n° 47.)
32. — **Dubois (capitaine)**. Bas-Chari. Rive sud du Tchad et Bahr el Gazal. *Ann. de Géographie*, t. XII, p. 339, 1903.
33. — **Elliot**. The Anglo-French Niger-Chad boundary commission. *The Geographical Journal*, t. XXIV, p. 520, 1904.
34. — **Ferrandi (Lieut.)**. Le Kanem. *Dépêche Coloniale illustrée*, n° 4, 28 février 1910.
35. — **Foureau (F)**. D'Alger au Congo par le Tchad. Paris, 1904.
36. — **Foureau et Gentil (L)**. Sur les roches cristallines rapportées par la mission saharienne. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXL, p. 46, 1905.
37. — **Id.** Les régions volcaniques traversées par la mission saharienne. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXL, p. 1200, 1905.
38. — **Foureau (F.)**. Documents scientifiques de la mission saharienne (Mission Foureau-Lamy). Paris, Masson, 1905.
39. — **Freydenberg**. Exploration dans le bassin du Tchad. *La Géographie*, t. XV, p. 161, 1907.
40. — **Id.** Etude pétrographique des roches du Borkou et du Bahr el Gazal rapportées par le capitaine Mangin. *La Géographie*, t. XV, p. 170, 1907.
41. — **Id.** Description géologique de l'itinéraire N'Guigmi-Bilma d'après les échantillons rapportés par le lieutenant Ayasse. *La Géographie*, t. XVII, p. 111, 1908.

42. — **Freydenberg**. Le Tchad et le bassin du Chari. Thèse. Paris, Schmidt, 1908.
(Voir Gentil et Freydenberg.)
43. — **Gadel**. Notice sur la résidence de Zinder. *Revue des troupes coloniales*, année 1903, p. 614, 1903.
44. — **Garde (G)**. Résultats de l'exploration géologique et minéralogique de l'Egueï. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXLVIII, p. 1616, 1909.
45. — Id. Aperçu géologique sur les régions situées à l'est et au nord-est du Tchad. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXLVIII, p. 1698, 1909.
46. — Id. Etude des principaux gisements de roches alcalines du Soudan français. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXLIX, p. 43, 1909.
47. — Id. Sur l'âge des terrains fossilifères de l'Adar-Doutchi. *Bull. Soc. géol. Fr.* (4), t. IX. (C. rendu somm., p. 150), 1909.
Douvillé. Observations au sujet de la note précédente.
Lemoine. Observations au sujet de la même note.
48. — Id. Les régions au nord-est du Tchad. *La Géographie*, t. XXI, p. 237, 1910.
49. — **Gautier (E.-F.)**. A travers le Sahara français. *La Géographie*, t. XV, p. 112, 1907.
50. — **Gentil (L.)**. Sur l'existence de roches alcalines dans le centre africain. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXXXIX, p. 413, 1904.
51. — Id. Etude des roches recueillies par la mission saharienne. *Doc. scientif. de la mission saharienne*, p. 697, 1905.
52. — Id. et **Freydenberg**. Contribution à l'étude des roches alcalines du centre africain. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXLVI, p. 352, 1908.
53. — Id. et **Freydenberg**. Contribution à l'étude des roches alcalines du centre africain. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (4), t. VIII, p. 44, 1908.
(Voir Foureau et Gentil.)
54. — **Germain (L)**. Recherches sur la Malacologie de l'Afrique équatoriale. Thèse, Paris, 1909.

55. — **Germain (L.)**. Contribution à la faune malacologique de l'Afrique occidentale : XIX. Mollusques nouveaux de l'Afrique tropicale ; XXI. Mollusques nouveaux du Soudan Français, recueillis par M. G. Garde. *Bull. du Mus. d'Hist. Natur.*, année 1909, p. 375 et p. 473, 1909.
56. — **Haug (Emile)**. La structure géologique du Sahara central d'après les documents géologiques et paléontologiques de M. Foureau. *La Géographie*, t. XII, p. 297, 1905.
57. — **Id.** Traité de géologie, Paris, A. Colin, 1907-1910.
58. — **Hébert (Alex.)**. Contribution à l'étude chimique des eaux et des produits minéraux de la région du Chari et du Tchad. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXL, p. 163, 1905.
59. — **D'Huart**. Le Tchad et ses habitants. Notes de géographie physique et humaine. *La Géographie*, t. IX, p. 161, 1904.
60. — **Hubert (Henry)**. Contribution à la géographie physique du Dahomey. Thèse, Paris, Larose, 1908.
61. — **Koenen (Von)**. Ueber Fossilien aus der unteren Kreide am Ufer des Mungo in Kamerun. *Abhandl. der Gesellsch. für Wissensch. zu Göttingen*; nouv. s. I., 65 pp., 7 pl., 1897-1898.
62. — **Krumbeck (L.)**. Beiträge zur Geologie und Paläontologie von Tripolis. *Paläontographica*, t. LIII, p. 51, 1907.
63. — **Lacoin (L.)**. Sur la géologie du pays de l'Oubangui au Tchad. *Bull. Soc. Géol. Fr.* (4), t. III, p. 484, 1903.
64. — **Lacroix (A.)**. Minéralogie de la France et de ses colonies. Paris, Baudry.
65. — **Id.** Sur les rhyolites à agyrine et à riebeckite du pays des Somalis. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXXVIII, p. 1353, 1899.
66. — **Id.** Sur les microgranites alcalins du territoire de Zinder. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXL, p. 22, 1905.
67. — **Id.** Résultats minéralogiques et géologiques des récentes explorations dans l'Afrique occidentale française et dans la région du Tchad. *Revue Coloniale*, année 1905, p. 129 et p. 205, 1905.

68. — **Lapparent (A. de)**. Sur la découverte d'un Oursin d'âge crétacé dans le Sahara oriental. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXXXII, p. 388, 1901.
69. — Id. Sur les traces de la mer lutétienne au Soudan. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXXXVI, p. 1118, 1903.
70. — Id. Sur de nouveaux fossiles du Soudan. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXXXVI, p. 1297, 1903.
71. — Id. Sur de nouvelles trouvailles géologiques au Soudan. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXXXIX, p. 1186, 1904.
72. — Id. Sur l'existence des mers crétacées en Afrique. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXL, p. 349, 1905.
73. — Id. *Traité de géologie*. 5^e édit. Paris, Masson, 1906.
74. — **Lelean**. The eocene outcrop in Central Africa. *The Geological Magazine*, décade V. t. I, p. 290, 1904.
75. — **Lemoine (Paul)**. Sur quelques fossiles de Tilemsi (Soudan). *Bull. de la Soc. Philomatique de Paris*, 1909.
76. — Id. Coupe du Crétacé de la région de Témassinin d'après les documents du capitaine Cortier. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (4), t. IX (C. rendu som. p. 152), 1909.
— Observations à la note de G. Garde (voir ci-dessus n° 47).
77. — **Lenfant**. De l'Atlantique au Tchad par le Niger et la Bénoué. *La Géographie*, t. IX, p. 322, 1904.
78. — Id. *Le Niger*. Paris, Hachette, 1904.
79. — Id. *La grande route du Tchad*. Paris, Hachette, 1905.
80. — Id. *La découverte des grandes sources du Centre de l'Afrique*. Paris, Hachette, 1909.
81. — **Mangin (capitaine)**. Exploration du Borkou (conférence) *Dépêche Coloniale*, n° du 8 avril 1907. — Résumé, dans *La Géographie*, 1907.
82. — **Marquardsen (Hugo)**. *Oberflächengestaltung und Hydrographie des saharisch-sudanischen abflusslosen Gebietes*. Göttingen, 1909.

83. — **Ménier (capitaine)**. Le régime hydrographique du Soudan, *Revue Coloniale*, année 1905, p. 257, 1905.
84. — **Monteil**. De Saint-Louis à Tripoli. Paris, Alcan, 1895.
85. — **Nachtigal (G)**. Sahara und Sudan. Leipzig, édit. F. A. Brockhauss, 1889.
86. — **Id.** Sahara et Soudan, traduct. J. Gourdault, Paris. Hachette, 1881.
87. — **Newton (R. Bullen)**. A notice of some marine tertiary fossils from northern Nigeria. *The Geographical Journal*, vol. XXIV, p. 522, 1904.
88. — **Id.** Eocene shells from Nigeria. *The Annals and Magazine of natural history*. Vol. XV, p. 83, 1904.
89. — **Quaas (D^r Arthur)**. Beiträge zur Kenntniss der Fauna der obersten Kreidebildungen in der libyschen Wüste. *Palæontographica*, bd. XXX, 2^e partie.
90. — **Rabot (Charles)**. De N'Guigmi à Bilma. *La Géographie*, t. XVII, p. 109, 1908.
91. — **Richardson**. Narrative of a mission to Central Africa, London, Chapman and Hall, 1853.
92. **Rohlf's (G.)**. Reise durch Nord Africa, Mittheilungen, V, n^o 25, et VII, n^o 34, Gotha, Perthes, 1868, 1872.
93. — **Schirmer (Henri)**. Le Sahara. Paris, Hachette, 1893.
94. — **Solger (F.)**. Die Fossilien der Mungokreide in Kamerun und ihre geologische Bedeutung, mit besonderer Berücksichtigung der Ammoniten. *Beiträge zur Geologie von Kamerun*, p. 82, 1904.
95. — **Stoliczka**. Cretaceous Gasteropoda of Southern India. *Palæontologia india*. Vol. II, p. 69.
96. — **Thévenin (A.)**. Les fossiles de l'Afrique centrale. *Revue Coloniale*, année 1905, p. 257, 1905.
97. — **Tilho (J.)**. Exploration du lac Tchad. *La Géographie*, t. XIII, p. 195, 1906.

98. — **Tilho (J.)**. Sur l'existence probable d'un centre très accentué de basses pressions dans la région du Tchad, d'après les observations de la Mission Niger-Tchad. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXLIX, 18 octobre 1909.
99. — **Id.** Le Tchad et les pays bas du Tchad. *La Géographie*, t. XXI, p. 149.
100. — **Id.** Documents scientifiques de la Mission Tilho. Paris, 1910.
101. — **Vélain (Ch.)**. Etat actuel de nos connaissances sur la géographie et la géologie du Sahara, d'après les explorations les plus récentes. *Revue de Géographie annuelle*, t. I, p. 447, 1906-1907.
102. — **Zittel (Karl A.)**. Beiträge zur Geologie und Paläontologie der libyschen Wüste und der angrenzenden Gebiete von Ägypten. I. Geologischer Theil. *Paläontographica*, XXX, 1883.
-

PREMIÈRE PARTIE

LES RÉGIONS SOUDANAISES

DE LA

RIVE GAUCHE DU NIGER

PREMIÈRE PARTIE

LES RÉGIONS SOUDANAISES

DE LA RIVE GAUCHE DU NIGER

A. — GÉOGRAPHIE

Dans ce chapitre, j'étudierai les différentes régions soudanaises du bassin du Niger que j'ai visitées.

Je décrirai d'abord le système hydrographique, autrefois très puissant, de la partie du Soudan située sur la rive gauche du Niger ; puis, je parlerai des causes de l'assèchement de certains cours d'eau de cet ancien système hydrographique ; enfin, je ferai une brève description de chacune des régions que j'ai explorées.

I. — Le système hydrographique.

Généralités. — Les vastes régions, à peu près planes, qui s'étendent entre le Niger et le Tchad, se partagent en deux versants : la partie occidentale se rattache au bassin du Niger et la partie orientale au bassin intérieur du Tchad.

Cet immense plateau, dont l'altitude est de 157 mètres à Gaya et de 192 mètres à Niamey, sur les bords du Niger, s'élève doucement

jusqu'au Damagarim et au Mounio, où il atteint 445 mètres à Zinder et 457 mètres à Illéla, puis il s'incline doucement vers le Tchad, dont le niveau est à 243 mètres.

La ligne de partage des eaux, entre ces deux versants, est à peine accentuée. En territoire français, elle est formée par les massifs granitiques et quartziteux de Zinder et des environs de Zinder et par le massif granitique du Mounio.

En territoire anglais, elle est constituée par les massifs cristallins et cristallophylliens du Katséna et du Zamfara.

En tout cas, c'est dans ces régions, Damagarim, Mounio, Katséna et Zamfara qu'apparaît le substratum solide, cristallin ou cristallophyllien, du puissant manteau de sables qui recouvre toute la partie du Soudan comprise entre le Niger et le Tchad.

Pour le versant occidental, celui du Niger, le système hydrographique, bien que les rivières ne roulent plus d'eau, est encore très net.

Les grandes vallées sèches ou dallols qui entaillent si largement et si profondément ce plateau sont encore intâctes, à peu près partout. Ce n'est guère que dans la partie méridionale et orientale du Damagarim que les érosions les ont en partie démolies, et qu'il n'est pas toujours facile de les suivre.

Sur le versant tchadien, à l'est du Damagarim et du Mounio, nos possessions n'ont aucun cours d'eau, même temporaire. Elles touchent seulement à la Kamadougou, sur les 200 derniers kilomètres de son cours ; celle-ci, du reste, ne coule que pendant quelques mois, à la fin de la saison des pluies.

Sauf dans le Koutous, où subsiste encore un plateau gréseux qu'entaillent de larges et profondes vallées sèches, il n'existe pas même trace du système hydrographique, les sables, poussés par les vents, recouvrant tout, masquant tout.

Le Niger de Niamey à la frontière franco-anglaise. — Je n'ai exploré du Niger que la partie qui est comprise entre Niamey, au nord, et la frontière franco-anglaise, au sud, soit près de 300 kilomètres de son cours.

Assez régulier aux deux extrémités de la portion de ce fleuve que j'ai vue, le Niger décrit, par contre, de nombreux méandres dans sa partie centrale, entre Kirtachi et Bikini.

Entre Niamey et Kirtachi, sur 90 kilomètres environ, le Niger coule à peu près en ligne droite. Sa vallée, qui est creusée dans des formations sablo-argileuses, est large. A Niamey, elle mesure de 4 à 5 kilomètres, et le lit du fleuve a seulement de 400 à 500 mètres.

La vallée est dominée, de part et d'autre, par une falaise de 20 à 30 mètres de hauteur. En maints endroits, notamment à Niamey, des blocs éboulés de grès ferrugineux existent sur la crête ou sur les flancs de cette falaise. Cette dernière n'est pas continue; elle est entaillée par de grandes échancrures qui se prolongent très loin dans l'intérieur du plateau, et qui sont les vallées des anciens affluents du Niger.

En plusieurs endroits, de petits îlots émergent au milieu du fleuve. Ils sont formés par des granites ou des quartzites. Ce sont ces deux dernières roches qui constituent le substratum des formations sablo-argileuses dans lesquelles le Niger a creusé son lit.

Entre Kirtachi et Bikini, le Niger s'est ouvert un lit au milieu des quartzites qui constituent la chaîne de l'Atacora.

Cette dernière, qui coupe en écharpe le nord du Dahomey, vient se terminer sur la rive gauche du Niger où elle disparaît sous les formations sablo-argileuses que l'on trouve en si grande abondance dans tout le Soudan français.

Dans cette partie de son cours, le Niger décrit de nombreux coudes que M. Hubert [60, p. 363], qui a spécialement étudié cette région, attribue à des accidents tectoniques du sol. Mon passage rapide, en baleinière, ne m'a pas permis de faire des observations à ce sujet.

Le fleuve coule, par endroits, dans des gorges étranglées, de vrais couloirs de 200 à 300 mètres de large; dans d'autres, il s'élargit un peu et se divise parfois en plusieurs bras qui enveloppent de petits îlots couverts d'une végétation luxuriante. Partout il est bordé et dominé par une falaise de 20 à 30 mètres de hauteur, souvent abrupte.

De Bikini jusqu'à la frontière, sur près de 120 kilomètres, le Niger coule à peu près en ligne droite. Il a de 400 à 500 mètres de large, mais, lors des crues, ses eaux quittent leur lit et recouvrent de vastes espaces.

Dans cette partie de son cours, les deux rives du Niger sont complètement dissemblables. La rive droite, celle du Dahomey, est basse et se continue insensiblement par la plaine. La rive gauche, au contraire, est dominée par une falaise, d'une cinquantaine de mètres de haut, que les anciens affluents du Niger ont découpée en un grand nombre de lambeaux.

Affluents du Niger. — Dans cette partie de son cours, sur sa rive droite, le Niger reçoit de petits affluents, dont l'Alibori ou Kar-guigorou et le Kokigorou, qui lui amènent les eaux du Dahomey

septentrional. Par contre, sur sa rive gauche, ce fleuve ne possède plus aucun tributaire; dans tout le Soudan français, les anciens cours d'eau qui l'alimentaient autrefois et qui lui amenaient les eaux du Sahara soudanais ont cessé de couler.

Il faut arriver dans la Nigéria anglaise pour rencontrer son premier tributaire, le Goulbi, et encore celui-ci est presque à sec pendant une partie de l'année.

Goulbi. — Le Goulbi est le premier affluent que le Niger reçoit sur sa rive gauche. La Bénoué, qui en est le plus important, se trouve plus en aval.

Sauf dans sa partie supérieure, dans le Maradi, qui est français, ce cours d'eau se trouve tout entier en territoire anglais.

Le Goulbi, tel que nous l'entendons actuellement, n'est qu'une faible portion de l'ancien Goulbi.

Le vrai Goulbi se prolongeait par l'une des nombreuses vallées sèches, le Goulbi n'Kaba, par exemple, qui, en amont de Sokoto, à travers le Gober-Toudou, le Tessaoua, le Damagarim, le Damer-gou, remontent jusque dans l'Aïr ou Asbin.

Ces anciennes vallées sèches, appelées « kori » dans la région de l'Aïr, sont rencontrées par les voyageurs qui traversent les régions désertiques qui s'étendent entre Zinder et Agadès, mais aucune d'elles n'a encore été relevée.

Le bassin du Goulbi actuel se réduit donc au cours inférieur de l'ancien Goulbi, et à quelques-uns de ses affluents de la rive gauche, venant des régions rocheuses du Zamfara.

Je n'ai vu le Goulbi qu'en quelques points, dans le Kebbi, dans le Sokoto et dans le Maradi.

La vallée de ce cours d'eau à Birni n'Kebbi est large de 4 à 5 kilomètres environ. Sa rive gauche est dominée par une falaise, de 50 à 60 mètres, que coiffe un chapeau de grès ferrugineux. Sa rive droite, au contraire, représente une berge en pente douce, que constituent des sables argileux.

A la fin de la saison sèche, le Goulbi coule à peine. A mon passage, au milieu de mars 1907, le fond de la vallée était occupé par des flaques d'eau n'atteignant pas 50 centimètres de profondeur.

Les parties qui allaient être immergées commençaient à être défrichées, pour être plantées en rizières. Dès les premières pluies, le riz pousse et monte au fur et à mesure que le niveau de l'eau s'élève. Pendant la crue, la rivière, qui a envahi toute la vallée, a plusieurs kilomètres de large, et les eaux sont à plus d'un mètre au-dessus des hauts fonds, tandis que les parties basses ont de trois à

quatre mètres de profondeur. La rivière ne peut être traversée qu'en pirogue, et le passage dure plus d'une heure et demie.

Entre Kebbi et Argoungou, la vallée du Goulbi est moins marécageuse. Même en saison sèche, elle a tous les caractères des dallols que nous décrirons plus loin.

A Argoungou, comme à Kebbi, le Goulbi roule un peu d'eau. Son lit actuel, très net, mesure de 8 à 10 mètres de large et 2 mètres de profondeur, et son débit, lors de notre passage, n'atteignait pas 30 centimètres de hauteur.

A Sokoto, au milieu de mai, vers la fin de la saison sèche, le Goulbi est un tout petit cours d'eau ; il coule dans le fond d'un lit d'une dizaine de mètres de large et de 2 mètres de profondeur.

C'est une petite rivière qui serpente, plus ou moins capricieusement, dans le fond d'une large vallée, de 4 à 5 kilomètres, que dominent des falaises de 25 à 30 mètres.

A la saison des pluies, l'eau déborde dans toute cette vallée, et en se retirant y égrène des marigots qui persistent plus ou moins longtemps.

A Maradi, le Goulbi ne possède pas de cours permanent. Il ne coule qu'après les tornades.

Sa vallée actuelle, large de 20 à 30 mètres et profonde de 1 m. 50 à 2 mètres, décrit des méandres dans une ancienne vallée qui a de 1 à 2 kilomètres de large et des berges sableuses, d'une dizaine de mètres, en pente raide, par endroits, en pente douce, dans d'autres.

Le fond de cette vallée est argileux. Après les pluies, il est recouvert de mares et de marécages, qui en rendent la traversée difficile et le séjour malsain.

Les puits creusés dans cette vallée ont de 5 à 6 mètres de profondeur. Dans leurs déblais on trouve des cailloux roulés de quartz de la grosseur d'un œuf de pigeon.

Du massif cristallin et cristallophyllien du Zamfara, descendent des cours d'eau qui débouchent dans le Goulbi, sur sa rive gauche. D'après les renseignements que j'ai pu recueillir, en traversant cette région, certains de ces cours d'eau seraient permanents.

Par contre, beaucoup d'entre eux sont provisoires, et ne roulent de l'eau qu'après les tornades et parfois pendant quelques heures seulement. Ce sont alors de vrais torrents que l'on voit croître et décroître à vue d'œil. Plus d'une fois, sous l'orage, j'ai été arrêté par ces torrents et obligé d'attendre qu'ils aient cessé de couler pour pouvoir continuer mon chemin.

Runganda. — La Runganda est un petit affluent de la rive droite du Goulbi qui se jette dans ce cours d'eau, à quelques kilomètres en aval de Sokoto.

Elle a de 35 à 40 kilomètres de longueur et coule sensiblement nord-sud, à peu près en ligne droite. Le chemin de Konni à Sokoto la longe tantôt sur une rive, tantôt sur l'autre. Son débit ne doit jamais être très abondant.

De chaque côté, sur ses deux rives, la Runganda reçoit de petits affluents, de quelques centaines de mètres de longueur, qui naissent dans chacune des échancrures qui entaillent le flanc de la vallée.

Cette petite rivière de la Runganda est alimentée par une nappe aquifère, qui existe dans les sables argileux du Sokoto et dont nous parlerons un peu plus loin.

Majia. — La Majia est un petit cours d'eau temporaire, de près de 150 kilomètres de long, qui naît dans les plateaux, au chapeau grésio-ferrugineux, de l'Adar-Doutchi, aux environs de Laba, au nord de Bouza, et qui se termine à quelques kilomètres au sud de Konni où elle forme l'étang de Kalmato.

D'après les renseignements que m'a fournis le capitaine Laforgue, la Majia ne coule d'une façon permanente que pendant les deux ou trois derniers mois de la saison des pluies, à partir de fin juillet, quand le sol sablo-argileux est imbibé d'eau. Après chaque tornade, le débit de la rivière augmente du double, et, en certains endroits, ses eaux s'étalent sur de vastes espaces.

La vallée de la Majia se continue vers le sud, immédiatement au-dessous du barrage de sables argileux qui a donné naissance à l'étang de Kalmato. A ma demande, le capitaine Tilho, en se rendant à Sokoto, l'a suivie et a constaté qu'elle se prolonge par la Runganda. De telle sorte que Majia et Runganda, qui paraissent être deux cours d'eau distincts, sont les deux portions d'une seule et même rivière, la partie supérieure ayant l'aspect d'un torrent et ne coulant que pendant la saison des pluies, la partie inférieure étant un cours d'eau permanent et très régulier.

Ruisseau de Mirria. — A une vingtaine de kilomètres au sud-est de Zinder, à Mirria, il existe un joli petit ruisseau, dont nous parlons plus loin, d'autant plus intéressant à signaler qu'il n'y a pas de cours d'eau à plusieurs centaines de kilomètres tout autour.

L'eau sort dans le fond d'une ancienne vallée, à la base d'une dune qui a barré cette vallée, et, un peu plus loin, à un kilomètre

environ, après avoir formé une petite mare, elle est absorbée par les sables qui comblent de nouveau la vallée.

Anciens affluents de la rive gauche du Niger. — Un système hydrographique, qui était très puissant, a autrefois alimenté le Niger, car de nombreuses et larges vallées sèches nommées dallols débouchent dans ce fleuve.

Aux hautes eaux, les flots du Niger remontent dans ces dallols, et donnent naissance à de nombreux marigots qui se dessèchent quand baisse le niveau du fleuve.

Sauf dans leur partie inférieure, les cours de ces vallées sèches ou dallols ne sont pas encore connus. Hors de ces régions, les tracés qui en ont été donnés sont très schématiques. Néanmoins, ce qu'on ne peut nier, c'est qu'ils remontent jusque dans les parties montagneuses du nord du Sahara soudanais, dans l'Aïr où les koris que l'on rencontre sont les premières branches de ces vallées. Je n'ai vu que les dallols Bosso, Fogha et Maouri, dont nous parlerons seuls.

En amont, cependant, il faut citer le dallol de Tilemsi où l'on a recueilli des fossiles crétacés.

Dallol Bosso. — Le dallol Bosso est une des plus grandes vallées sèches qui débouchent dans le Niger, sur sa rive gauche.

Dans ses 150 derniers kilomètres, c'est-à-dire dans la partie comprise entre le Niger et Sandiré, ce dallol a une direction sensiblement nord-sud. En amont de cette localité, il vient du nord-est, de la région inhabitée et inexplorée qui constitue le désert d'Azaoua. Peut-être est-il la continuation d'un des nombreux koris qui partent de l'Aïr, ou Asbin, ou qui sillonnent le Tagama.

Le dallol Bosso a de 10 à 15 kilomètres de large. Presque partout, comme à Sandiré et à Yéni, il est bordé par de hautes falaises sablo-argileuses, presque verticales, de 40 à 50 mètres de haut, que coiffe en de nombreux points un chapeau de grès ferrugineux. En d'autres endroits, où le chapeau a disparu, les berges, en pentes très douces, sont constituées par des sables argileux. De nombreuses vallées secondaires s'ouvrent de part et d'autre du dallol Bosso et se ramifient dans le plateau en l'entaillant fortement.

A côté de Sandiré, une traînée de marécages se sont établis dans le fond de ce dallol et conservent de l'eau une partie de l'année.

Partout l'eau est à une faible profondeur. Les puits n'ont que quelques mètres, comme à Sandiré et à Safa, à côté d'Yéni. Les ronniers (*Borassus ethiopicus*), qui aiment l'humidité, croissent à peu près partout.

En novembre 1909, le caporal Porcon a constaté que le fond de ce dallol, dans les derniers kilomètres, était sillonné par un petit filet d'eau.

Dallol Fogha. — Le dallol Fogha débouche dans le Niger, tout près de la frontière franco-anglaise. Il est sensiblement orienté nord-sud. Dans sa partie inférieure, il a de 6 à 8 kilomètres de large, et il est dominé, à droite et à gauche, par deux grandes falaises sablo-argileuses, de 40 à 50 mètres de haut, que coiffe un chapeau de grès ferrugineux de quelques mètres d'épaisseur.

Son cours supérieur n'est plus qu'un des nombreux sillons, de moins en moins nets à mesure qu'on remonte vers le nord, qui entaillent le plateau et que l'on rencontre à peu près à égale distance entre Sandiré et Matankari.

Dans cette dernière région, le plateau ferrugineux a été presque totalement enlevé. Il n'en subsiste plus que de rares débris, en quelques points seulement.

Dans les quatre-vingts derniers kilomètres de son cours inférieur, la partie centrale du dallol Fogha est occupée par des marigots et des marécages qui se dessèchent totalement ou partiellement pendant la saison sèche, c'est-à-dire en hiver.

C'est en été, pendant la saison des pluies, que les eaux atteignent leur niveau le plus élevé et qu'elles s'étendent sur un plus vaste espace, reliant le plus souvent les différents marigots qui occupent le fond de la vallée. Des sentiers circulent dans ces marigots, au milieu des roseaux, et les voyageurs sont obligés de les traverser en ayant, parfois, de l'eau jusque sous les bras.

Certains de ces marigots, après leur assèchement, deviennent le siège d'une active exploitation du sel.

Leur fond, qui se couvre d'efflorescences salines, est raclé à plusieurs reprises, à quelques jours d'intervalle, et les terres recueillies sont lessivées. Les eaux du lessivage sont ensuite évaporées et donnent, comme résidu, un sel de très mauvaise qualité qui est consommé par les indigènes.

Les terres qui ont été soumises à ce lessivage s'accumulent par endroits, au milieu du dallol, et forment de vrais monticules, dont les dimensions vont en s'accroissant chaque année.

De nombreuses échancrures, souvent assez larges, entaillent le plateau et pénètrent à l'intérieur. Ce sont les vallées des anciens affluents du Fogha. C'est par ces vallées latérales que l'on passe du fond du dallol sur le plateau qui domine.

Dallol Maouri. — Le dallol Maouri débouche dans le dallol Fogha. Comme longueur, il est bien plus important que ce dernier.

A partir de sa confluence avec le Fogha, et pendant une cinquantaine de kilomètres, le Maouri a une orientation nord-sud, puis il décrit vers l'est une courbe de très grand rayon et, enfin, il se dirige vers le nord pour se poursuivre dans les régions encore inexplorées qui constituent le désert d'Azaoua.

Dans toutes les régions où il est habité, et, par suite, où il est connu, le dallol Maouri est toujours à sec. A l'encontre du dallol Fogha, il ne possède pas de mares, pas même de mares d'hivernage.

Sa vallée (fig. 2) a, au maximum, une dizaine de kilomètres de large. Son fond est tapissé, d'ordinaire, par des sables plus ou moins purs, qui ont été lavés par les eaux de pluie, tandis que le sous-sol et ses berges sont constitués par des sables argileux.

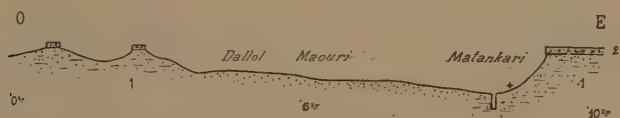


Fig. 2. — COUPE A TRAVERS LE DALLOL MAOURI.

1, sables argileux ; 2, grès ferrugineux.

Le lit du dernier cours d'eau qui l'a parcouru serpente, d'une façon assez irrégulière, dans ce dallol. Il est représenté à Kisamo, à l'ouest de Bebeye, par une grande rigole de 10 mètres de profondeur et de 150 à 200 mètres de large. Les rives du dallol Maouri sont assez dissemblables. La rive gauche est constituée par une falaise à peu près abrupte, de 40 à 50 mètres de haut, que continue un vaste plateau coiffé par un chapeau de grès ferrugineux. La rive droite est formée par une berge sablo-argileuse de faible élévation et à pente douce.

La falaise qui domine la rive gauche du dallol Maouri regarde l'ouest et le nord-ouest. Elle est donc abritée contre les vents et surtout contre les pluies. L'eau qui tombe sur le plateau en est simplement rejetée et agit uniquement par ruissellement.

La falaise qui borde la rive droite fait face au vent. La pluie, que celui-ci pousse avec violence, désagrège et entraîne les sables argileux qui forment cette falaise, et le chapeau de grès ferrugineux s'écroule peu à peu, mais continuellement.

De cette façon s'explique la dissemblance si grande qui existe entre les deux rives d'une vallée creusée dans une même formation.

Toute la falaise qui domine le dalloï Maouri sur sa rive gauche



Fig. 3. — FALAISE ORIENTALE DU DALLOÏ MAOURI, AU SUD DE MATANKARI.

Cette falaise est constituée par des argiles sableuses que coiffe un chapeau de grès ferrugineux. Elle présente de nombreuses entailles qui sont les vallées des anciens affluents du Maouri.

est entaillée par un grand nombre de vallées secondaires (fig. 3). Quelques-unes d'entre elles, parties des environs de Dogondoutchi et de Matankari, traversent l'Adar, l'Adar-Doutchi et les régions désertiques, à peu près inconnues, qui leur font suite, et remontent jusque dans le massif cristallin et cristallophyllien de l'Aïr ou Absin.

Ce sont les anciens cours d'eau qui les suivaient qui ont isolé et modelé les nombreuses buttes de l'Adar, et qui ont découpé et sculpté si capricieusement le plateau de l'Adar-Doutchi.

II. — Les eaux de ruissellement. Cause de l'assèchement des anciens cours d'eau du Soudan.

Les eaux de ruissellement. — Dans toutes les régions sablonneuses du Soudan, dont le relief est plat, l'eau ne ruisselle pas; elle s'infiltre immédiatement dans le sol.

Mais dès que celui-ci commence à présenter une pente, même légère, l'eau des pluies, lors des fortes tornades, coule à la surface.

Le chapeau grés-ferrugineux qui coiffe ces falaises n'étant pas très perméable, absorbe moins d'eau qu'il n'en reçoit pendant la tornade. Cette eau s'accumule parfois dans de petites dépressions, qui existent sur le plateau, et y forme des mares temporaires de quelques jours, ainsi que je l'ai observé entre Bouza et Garadoumé. Mais le plus souvent, sinon presque toujours, l'excès de cette eau de pluie est rejeté du plateau et donne naissance à de petits torrents qui dévalent avec impétuosité le long des falaises.

Quelques minutes seulement après le début de la tornade, c'est un vrai petit torrent qui se précipite dans la vallée, creusant des ravins de 1 à 2 mètres de large, dans les flancs de la falaise.

Arrivé au pied de celle-ci, le petit torrent se dirige vers le centre de la vallée. La pente du sol étant devenue moins grande, les eaux ralentissent leur marche et sont très rapidement absorbées par les sables. D'ordinaire, après quelques centaines de mètres de cours, le torrent n'existe plus.

On a ce spectacle d'un petit cours d'eau temporaire qui commence par un filet d'eau et qui se termine par un filet d'eau, après avoir eu son maximum de puissance dans sa partie moyenne, à la base de la falaise, dans le cas présent.

La Komadougou, qui n'est pas un torrent de quelques instants, mais une forte rivière qui coule pendant plusieurs mois de l'année, présente le même phénomène. A Bosso, presque à son embouchure, sa vallée est deux fois moins large qu'à une centaine de kilomètres en amont.

Action des eaux de ruissellement. — Ce sont les eaux de pluie, en ruisselant, qui ont isolé, les unes des autres, et séparé de l'ancien plateau de grès ferrugineux, qui s'étendait autrefois sur le

Sahara soudanais; les nombreuses buttes que l'on observe en avant de celui-ci, parfois à d'assez grandes distances.

Après avoir isolé ces buttes, les eaux de pluie les démolissent ensuite. Les argiles sableuses de la base, qui sont assez meubles, s'éboulent facilement. Le chapeau de grès ferrugineux se détache par tranches successives, qui roulent à la base de la falaise, où elles se désagrègent assez rapidement.

En maints endroits, comme à Toulou (fig. 4), près de Bebeye, on voit ces buttes se démolir par assises successives de 1 à 3 mètres. On se croirait en présence d'une exploitation de carrière.

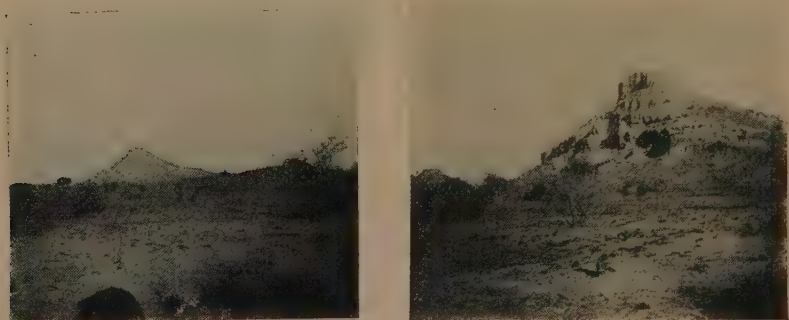


Fig. 4. — BUTTES ISOLÉES PAR L'ÉROSION, ENVIRONS DE TOULOU
AU SUD DE BEBEYE.

La première butte, la plus récemment isolée, possède encore un lambeau de son chapeau de grès ferrugineux; l'autre, plus anciennement isolée, n'a plus de chapeau, et ses assises se démolissent par tranches successives.

Il existe des buttes à tous les états de démolition. Les plus récemment isolées, c'est-à-dire les plus rapprochées du plateau, sont encore entières. Les plus anciennes, c'est-à-dire les plus éloignées, sont en partie ou presque totalement démantelées.

L'élargissement des dallols ne s'est fait que par démolitions successives de leurs falaises. Jamais rivières n'auraient été assez puissantes pour les remplir en entier.

Causes de l'assèchement des anciens cours d'eau du Soudan. — Tant que le vaste plateau qui s'étend sur le Soudan resta recouvert par un chapeau, à peu près imperméable, de grès ferrugineux, le ruissellement fut intense à sa surface et donna nais-

sance à de nombreux cours d'eau. Ceux-ci, en se réunissant dans les dallols, devaient former des affluents très importants du Niger.

L'érosion ayant peu à peu démoli le revêtement grés-ferrugineux et mis à nu un sous-sol sablo-argileux assez perméable, les eaux de pluie sont aujourd'hui absorbées au fur et à mesure qu'elles tombent.

La démolition du plateau ferrugineux du Soudan a donc eu pour effet de diminuer la quantité des eaux de ruissellement. L'élargissement des dallols, d'autre part, a augmenté la surface absorbante du sol.

Ainsi s'explique, indépendamment d'une diminution dans les précipitations atmosphériques, l'assèchement des régions soudanaises.

Si le sol était moins perméable, il tombe encore suffisamment d'eau au Soudan pour donner naissance à de forts beaux cours d'eau.

III. — Les régions soudanaises.

1. — Djerma.

Généralités. — Le pays qui s'étend à l'est du Niger, en aval de Niamey, presque jusqu'à la frontière franco-anglaise, constitue le pays qu'on appelle Djerma.

Le Djerma n'est pas une région naturelle. C'est une région ethnographique, ses habitants appartenant à une race différente de celles des pays environnants.

Sauf vers l'ouest, où il est bordé par le Niger, le Djerma n'a pas de frontières naturelles, ni de limites définies. Au sud, au delà du point de confluence du dallol Bosso et de la vallée du Niger, il s'arrête à une zone désertique qui le sépare du Dendi ; au sud-est, il englobe une faible partie du dallol Maouri, autour de Dioundiou ; à l'est, il suit le dallol Fogha jusqu'au désert d'Azaoua ; vers le nord, aucune limite précise ne le sépare du Djerma-Ganda.

Tout le Djerma est recouvert par un puissant manteau de sables argileux que des lambeaux ou des débris de grès ferrugineux surmontent en quelques points seulement.

Le soubassement de cette formation n'est visible qu'en quelques endroits, dans la vallée du Niger : c'est du granite à Niamey et des quartzites entre Kirtachi et Bikini.

De Niamey à Mayatikoïra à travers le Djerma (fig. 5). — Nous décrivons plus loin les granites, complètement kaolinisés, qui forment la base de la falaise sur laquelle est bâti le poste de Niamey. Les sables argileux qui coiffent cette falaise se poursuivent très loin vers l'est. Un lambeau de l'ancien plateau de grès ferrugineux qui recouvrait tout le pays, de 4 à 5 mètres d'épaisseur, s'observe à 5 kilomètres environ avant Barkaoual. Ces grès forment corniche du côté de l'ouest où ils sont protégés contre les vents et les pluies venant de l'est.

Quelques autres lambeaux de cette même formation existent également entre Barkaoual et Fondibéri.

De ce dernier village jusqu'au dallol Bosso, les grès ne s'observent plus qu'en de rares points, et toujours à l'état de débris.



Fig. 5. — COUPE EST-OUEST A TRAVERS LE DJERMA.
1, granite ; 2, sables argileux ; 3, grès ferrugineux.

A Zouzousanné, sur le bord occidental du dallol Bosso, face à Yéni, le chapeau ferrugineux, épais de 3 à 4 mètres, subsiste sur un assez grand espace. Il domine d'une dizaine de mètres la plate-forme sablo-argileuse qui supporte le village. De cette dernière, par une pente très douce, on descend dans le dallol Bosso qui est à une trentaine de mètres plus bas.

Les deux falaises qui dominent le dallol Bosso à Zouzousanné, à l'ouest, et à Yéni, à l'est, sont très dissemblables bien qu'ayant même structure. La falaise d'Yéni, qui regarde l'ouest, est abritée contre les vents et contre les pluies venant de l'est. Celle de Zouzousanné, au contraire, qui est directement exposée à ces agents de destruction, est presque totalement démolie, et c'est un fait presque accidentel que l'existence du grès ferrugineux qui subsiste encore à côté de ce village.

La falaise qui domine le village d'Yéni se poursuit sur presque toute la bordure du dallol Bosso, au nord et au sud de cette localité ; et elle s'étend sur une plus ou moins grande largeur vers l'est. Nous la verrons très puissante, plus au nord, vers Sandiré.

En de nombreux points, elle est découpée par de larges vallées sèches qui sont les lits d'anciens affluents du dallol Bosso. D'Yéni jusqu'à Mayatikoïra, les grès ferrugineux ne s'observent plus en place. On les rencontre encore, en quelques points, à l'état d'éboulis, parfois au sommet des dos d'âne qui séparent les vallées, le plus souvent sur les flancs de ces vallées, comme à Moussadeï, par exemple.

Ce sont des grès ferrugineux, en débris éboulés et se trouvant presque au fond de la vallée, qui sont traités à Mayatikoïra pour l'extraction du fer.

Tous les puits qui sont creusés dans les vallées, à travers ces sables, — sauf dans le dallol Bosso où ils ont quelques mètres seulement, — n'atteignent l'eau qu'à d'assez grandes profondeurs : 20 mètres à Sagorou, 25 mètres à Barkaoual, 30 mètres à Fondibéri, 40 mètres à Moussadeï, 70 mètres à Déréki. 40 mètres à Mayatikoïra.

Environs de Sandiré. — Sandiré est situé dans le fond du dallol Bosso, tout à fait au nord du Djerma, presque au pied de la falaise de 40 à 50 mètres qui domine cette vallée du côté de l'ouest.

A Sandiré, le dallol Bosso a une quinzaine de kilomètres de large. Son fond est à peu près plat. En le traversant, on coupe plusieurs petits thalwegs qui convergent tous vers l'axe de la vallée, et qui représentent les lits des derniers affluents de cet ancien cours d'eau.

Dans tout son fond, comme depuis Yéni, l'eau est à une faible profondeur. Les puits la rencontrent à quelques mètres seulement. D'autre part, les ronniers qui y poussent à peu près partout attestent qu'elle n'est pas loin de la surface du sol.

A l'est du poste de Sandiré, dans un ancien thalweg, il existe une grande mare qui avait encore de l'eau à mon passage, vers le milieu de mars. Une traînée de mares semblables se poursuit au nord du village.

Sur son bord oriental, tout comme sur l'autre bord, à côté de Sandiré, le dallol Bosso est encore dominé par une haute falaise.

Ces falaises, comme partout ailleurs, sont constituées, presque en entier, par des masses de sables argileux, sans stratification apparente, que coiffe un chapeau de grès ferrugineux, à grosses oolites ferrugineuses, de quelques mètres d'épaisseur.

Ce chapeau ferrugineux, qui forme plateau et que découpent de larges vallées, s'observe encore vers l'est sur une vingtaine de kilomètres, puis, jusqu'au dallol Maouri, c'est un plateau sablonneux qui lui fait suite.

Du dallol Fogha au dallol Bosso. — C'est la traversée du Djerma du sud-est au nord-ouest.

Le dallol Fogha, à Falaouel, a environ 200 mètres de large et 7 à 8 mètres de profondeur, avec des berges sablo-argileuses très nettes.

Entre Falaouel et Dosso, les formations gréso-ferrugineuses subsistent encore en de nombreux points, soit sous la forme de blocs éboulés, jonchant le sol, soit sous la forme de nappes constituant corniche, comme à Tidelika.

Dans toute la partie centrale du Djerma, autour de Dosso, le paysage a presque partout le même aspect. C'est une région à peu près unie que sillonnent de larges vallées sèches, peu profondes. Les dos d'âne, à pente très douce, qui séparent ces dernières, sont coiffés par endroits de lambeaux de l'ancien chapeau ferrugineux qui recouvrait autrefois tout le pays, ou bien ils sont recouverts de débris de cette ancienne formation.

2. — Maouri.

Généralités. — Toute la région, sans limites définies, qui est à cheval sur la partie inférieure du dallol Maouri et qui touche au nord au désert d'Azaoua, à l'est aux sultanats de Konni et de Sokoto, et à l'ouest au Djerma, est appelé Maouri, du nom de ses habitants.

Aucun caractère spécial, soit topographique, soit géologique, ne différencie ce pays de ses voisins.

Environs d'Yélou. — A l'extrémité méridionale de ce pays, à Yélou (fig.6), la falaise qui domine le bord oriental du dallol Maouri a 40 à 50 mètres de hauteur. Elle est constituée dans sa presque totalité par des argiles sableuses rougeâtres, happant à la langue, que mouchètent des taches blanchâtres argileuses. Un chapeau de grès ferrugineux, ayant encore de un à quelques mètres de puissance, coiffe le tout.

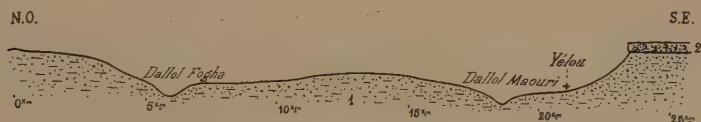


Fig. 6. — COUPE A TRAVERS LES DALLOLS FOGHA ET MAOURI.

1, sables argileux ; 2, grès ferrugineux.

Sur la rive gauche, moins élevée, le revêtement ferrugineux n'existe plus. Le dos d'âne qui sépare le dallol Maouri du dallol Fogha est uniquement constitué par des argiles sableuses rougeâtres, identiques à celles qui existent de l'autre côté du dallol.

Sur l'arête qui sépare ces deux dallols j'ai observé quelques cailloux roulés d'une roche quartzeuse dont j'ignore la provenance.

De l'autre côté du Fogha, c'est-à-dire sur sa rive droite, sur plus de 6 kilomètres que j'ai parcourus, je n'ai pas rencontré autre chose que des argiles sableuses, le chapeau ferrugineux qui les surmontait ayant été démolí par l'érosion.

Environs de Dioundiou. — A quelques centaines de mètres de Dioundiou, qui est situé entre le dallol Maouri et le dallol Fogha, il existe un lambeau de 400 à 500 mètres de côté de l'ancien plateau de grès ferrugineux qui recouvrait tout le pays.

Sur leur bord, ces grès sont surmontés par un léger revêtement de

poudingues à ciment ferrugineux. Les cailloux roulés, de nature quartzéuse, qui le constituent, ne dépassent pas la grosseur d'un œuf de poule.

Les cailloux roulés déjà signalés à une quarantaine de kilomètres au sud, en face d'Yélou, appartiennent à la même formation.

Environs de Bebeye. — Dans les environs de Bebeye, le plateau qui domine le dallol Maouri est fortement échancré par de larges vallées.

Des buttes ont souvent été isolées de ce plateau par l'érosion. On en observe à tous les états de démolition. Les plus éloignées de la falaise, qui sont les plus anciennement séparées, sont les plus érodées.

La formation grés-ferrugineuse, qui recouvre la falaise, s'éboule par tranches verticales. Ses débris, qui roulent à la base, ne tardent pas à se désagréger sous l'action des eaux de pluie ; les sables qui restent après la dissolution du ciment ferrugineux sont entraînés vers le centre du dallol, soit par les vents, soit par les pluies. Ce sont ces sables, parfois assez purs, qui recouvrent tout le fond de la vallée.

De Dogondoutchi à Mayatikoïra. — A Dogondoutchi, sur la rive gauche du dallol Maouri, la falaise a de 40 à 50 mètres de haut. L'érosion a isolé un certain nombre de buttes (fig. 7) qui sont plus ou moins démolies. Nous donnons un peu plus loin la constitution géologique de cette dernière et celle des formations qu'a traversées le puits qui a été creusé à sa base dans l'ancien lit du dallol.

A Dogondoutchi, le dallol Maouri a 4 ou 5 kilomètres de large. Sur sa rive droite, vers l'ouest, face au village, il est bordé par une berge argilo-sableuse très nette, ayant de 15 à 20 mètres de hauteur.

La formation grés-ferrugineuse qui est si développée sur l'autre rive, et qui coiffe encore quelques petites buttes, un peu plus au nord, face à Matankari, n'existe plus ici.

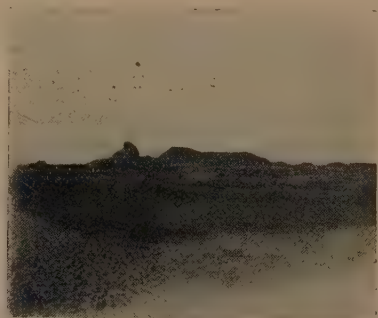


Fig. 7. — FALAISE ORIENTALE DU DALLOL MAOURI A DOGONDOUTCHI.

L'érosion a découpé dans le plateau qui domine le dallol Maouri, sur sa rive gauche, un grand nombre de buttes que coiffent encore des lambeaux du chapeau de grès ferrugineux.

De cette berge jusqu'à Banizombou, c'est-à-dire sur 18 kilomètres environ, c'est le plateau au sol sablonneux, à peu près uni, sans trace de l'ancien système hydrographique, qui se poursuit régulièrement. En deux points seulement, j'ai observé quelques débris de graviers et de grès ferrugineux.

Plus loin, nous donnons la succession des formations qui ont été traversées par le puits de Banizombou qui a 70 mètres de profondeur.

A l'ouest de Banizombou jusqu'à Mayatikoïra, pendant plus de 20 kilomètres, c'est toujours le même paysage, au sol sablonneux à peu près uni. En un point, peu après Banizombou, j'ai encore observé quelques débris de grès ferrugineux.

De Dogondoutchi à Gougouféma. — En allant de Dogondoutchi à Gougouféma, on se fait une idée de l'aspect et de la structure de la partie orientale du Maouri (fig. 38).

De Dogondoutchi jusqu'à Kaouard, sur une quarantaine de kilomètres, le chemin traverse des régions assez accidentées. Il passe alternativement de vallées presque toujours larges, et aux fonds à peu près unis, à des plateaux souvent étendus, avec falaises ordinairement escarpées.

Le lambeau de plateau qui s'étend à l'est de Dogondoutchi, et dont nous avons déjà décrit la falaise, mesure près de 15 kilomètres de large. Sur de grands espaces, il est recouvert de grès ferrugineux, tandis que, sur d'autres, ce sont des sables provenant de la désagrégation de ces grès qui constituent tout le sol.

La grande dépression élargie, sur le bord oriental de laquelle est situé le village de Tougana, résulte de la réunion de plusieurs vallées.

Entre ces vallées convergentes se dressent quelques buttes que l'érosion a modelées après les avoir isolées.

A Tougana, c'est une mare temporaire qui alimente le village pendant une partie de l'année. Après son asséchement, les indigènes creusent des puits dans l'ancien fond de celle-ci et ils les approfondissent à mesure que le niveau de l'eau baisse.

Du sommet de la butte de 25 mètres environ, qui est située à un kilomètre de Kaouard, la vue s'étend très loin, et on embrasse d'un seul coup d'œil de vastes horizons. Vers le nord et le nord-ouest, c'est la plaine immense au-dessus de laquelle se dressent quelques buttes isolées et quelques petits massifs ; vers l'ouest, le sud et le sud-est, ce sont des plateaux ou des vastes lambeaux de plateau grésif-ferrugineux ; enfin, vers l'est et le nord-est, c'est la plaine sableuse à peu près unie.

De là jusqu'à Gougouféma, le chemin suit une région à peine

accidentée par d'anciennes vallées qui ne mesurent pas 20 mètres de profondeur. Ici, plus de ces vastes lambeaux du plateau, mais seulement quelques buttes isolées et très espacées. A la surface du sol, on ne voit plus de débris de grès ferrugineux. Dans cette partie du Soudan, l'érosion a donc été intensive et active.

3. — Région comprise entre le Dallol Maouri et le Goulbi.

En allant de Bebeye, dans le dallol Maouri, à Kebbi, dans la vallée du Goulbi (fig. 8), on se fait une idée de l'aspect topographique et de la structure géologique du plateau, large d'une cinquantaine de kilomètres, qui sépare ces deux vallées.

Ses deux rebords sont complètement dissemblables. Du côté du Maouri, c'est une falaise à peu près abrupte, de 40 à 50 mètres de haut, que constituent des argiles sableuses et que coiffe une nappe de



Fig. 8 — COUPE NORD-OUEST-SUD-EST ALLANT DU DALLOL MAOURI AU GOULBI.

1, sables argileux ; 2, grès ferrugineux.

grès ferrugineux. Vers le Goulbi, c'est une berge, en pente douce, formée par des argiles sableuses. Une falaise, à peu près identique à celle de Bebeye, se trouve sur l'autre rive du Goulbi, derrière la ville de Kebbi.

Le chapeau de grès ferrugineux, dont nous venons de parler, forme, vers le Maouri, une nappe à peu près continue. Ainsi que la falaise, il est largement échancré par les nombreuses vallées qui descendent du plateau.

Dans la région centrale de ce plateau, les grès ferrugineux ne forment plus que de grands lambeaux isolés.

Plus près du Goulbi, ces lambeaux sont moins nombreux et sont moins étendus.

Une grande partie du plateau qui sépare les deux vallées du Goulbi et du Maouri est donc dépourvue de son chapeau de grès ferrugineux.

Presque partout, ce sont des argiles sableuses rougeâtres qui constituent le sol.

M. Edward Stanley, résident à Kebbi, m'a dit que les mêmes formations, avec le même aspect, se poursuivent sur une centaine de kilomètres au sud, jusqu'à la rencontre de terrains cristallins.

4. — Konni.

Généralités. — Le Konni (fig. 9), a un aspect géographique qui lui est tout particulier, ne ressemblant en rien à celui des pays avoisinants.

Il est caractérisé par ses buttes nombreuses, séparées les unes des autres, par ses larges vallées, qu'interrompent souvent des barrages de sable, et par ses étangs ou mares temporaires.

L'Adar, au nord, et le Sokoto, au sud, par contre, sont presque dépourvus de buttes.

Les fonds de larges vallées, à sec depuis longtemps, aujourd'hui à peu près nivelés par les eaux de pluies et par les vents, forment une vaste plaine dans laquelle il n'est pas toujours très facile de reconnaître à première vue, et sans examen attentif, l'ancien système hydrographique.

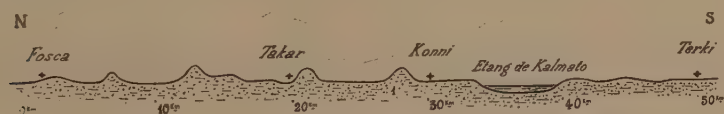


Fig. 9. — PROFIL NORD-SUD A TRAVERS LE KONNI.

1, sables argileux.

De nombreuses buttes, dépassant une cinquantaine de mètres, et pouvant en avoir une centaine, comme celle de Massalata, se dressent au-dessus de cette plaine. Elles ont parfois des formes elliptiques, le plus souvent elles constituent des dômes aux sommets arrondis.

La ville de Konni est entourée à l'est, au nord et à l'ouest par une demi-circonférence de ces buttes. Vers le sud, c'est la plaine presque continue qui se prolonge par celle de Sokoto.

Par endroits, les larges vallées, à fond plat, dont nous avons déjà parlé, se trouvent barrées par les éboulis provenant des buttes voisines. Les dépressions, parfois assez étendues, qui prennent ainsi naissance en amont de ces barrages, sont souvent occupées par des mares ou des étangs pendant la saison des pluies.

Le sol et le sous-sol du Konni sont constitués par des argiles sableuses et toutes les buttes de cette région sont formées de la même façon :

1° A la base, ce sont des argiles sableuses rouges semblant posséder par endroits, une légère stratification presque horizontale ;

2° Au sommet, il existe toujours un chapeau formé de blocs de grès ferrugineux.

Des blocs éboulés, de même nature, s'étendent aussi sur les flancs des buttes et s'amoncellent à leurs bases ; ils donnent à ces collines un aspect noirâtre qui les ferait prendre, de loin, pour un volcan avec son manteau de scories.

Étang de Kalmato. — La plus curieuse de ces nappes d'eau temporaires est l'étang de Kalmato situé à une dizaine de kilomètres au sud de Konni.

Cet étang, de forme allongée nord-sud, occupe une portion la vallée de la Majia que des sables argileux ont barrée.

A la saison des pluies, la Majia amène de l'eau dans l'étang de Kalmato. Le niveau de celui-ci s'élève peu à peu et l'eau remonte jusque près de Konni.

Peu de temps après la saison des pluies, la Majia ne coule plus et l'étang de Kalmato se dessèche. L'assèchement se produit principalement par évaporation, l'infiltration devant être peu importante, car le fond de l'étang est tapissé par une couche de terre argileuse noirâtre.

C'est dans cette formation argileuse que les indigènes creusent alors les puits pour avoir de l'eau, quand l'étang est à sec.

A première vue, l'étang de Kalmato et son tributaire la Majia semblent constituer un petit bassin intérieur, alors qu'ils ne sont qu'une faible portion du bassin du Goulbi dont ils ont été séparés à une époque relativement récente.

5. — Sokoto.

Généralités. — Toute la région qui s'étend autour de Sokoto forme un pays à peu près plat, ou à peine accidenté par quelques buttes peu élevées et par des vallées peu profondes.

Au sud et à l'est de Sokoto, c'est la plaine immense qui se poursuit à perte de vue. Vers le nord, c'est encore la plaine, avec une seule butte, celle de Bonkano. Vers l'ouest, c'est toujours la plaine que surmontent, au loin, quelques mamelons arrondis en voie de disparition sous l'action des pluies.

A part la Runganda, dont nous avons déjà parlé, le sultanat de Sokoto est totalement dépourvu de cours d'eau sur la rive droite du Goulbi.

Mais les anciennes vallées sont nombreuses et leurs lits sont encore très nets. Leurs fonds sont tapissés, d'ordinaire, par une terre noirâtre argileuse, se fendillant, se crevassant sous l'action de la chaleur. Cette terre est riche en humus et en matières végétales et donne les meilleurs champs pour la culture du mil.

Si la région que j'ai parcourue est bien uniforme au point de vue topographique, elle est aussi bien simple au point de vue géologique.

Dans la partie septentrionale du Sokoto, que j'ai vue, c'est la continuation des formations que nous avons décrites si souvent dans les autres pays.

Le sol est formé par des sables presque purs, que l'eau et le vent ont débarrassé de leurs autres éléments, tandis que le sous-sol est constitué par des sables argileux, de couleur rouge foncé.

Les débris de grès ferrugineux s'observent en de nombreux points. Presque toujours ils coiffent encore les sommets des buttes qui dominent le pays, et, souvent aussi, ils s'étendent et ils s'accumulent à leur pied, comme c'est le cas pour celle de Bonkano.

Ces restes de grès ferrugineux, en blocs plus ou moins gros, se rencontrent fréquemment le long des vallées ou des anciennes vallées. Souvent ils forment le rebord des berges qui dominent celles-ci; parfois ils sont accumulés à mi-flanc; d'autres fois, ils ont glissé jusque dans le fond.

De semblables blocs éboulés rendent pittoresque, et par endroits difficile à gravir, la falaise qui limite le plateau sur le bord duquel est bâti Sokoto.

La plaine elle-même est souvent jonchée de ces blocs ferrugineux.

Nappe aquifère. — Sur la rive droite du Goulbi, au nord de la ville de Sokoto, il existe une nappe aquifère, sensiblement horizontale, qui est coupée par la vallée de la Runganda.

A la naissance de la vallée, à quelques kilomètres au nord de Godabaoua, cette nappe n'affleure pas encore, mais elle n'est pas profonde. Les puits creusés à Abdallou la rencontrent entre 2 et 3 mètres.

Un peu en amont de Godabaoua, l'eau commence à sourdre au fond de la vallée, et sa présence se traduit immédiatement par la poussée de verdure qu'elle donne à la végétation. A partir de ce village, la rivière est formée.

A quelques kilomètres plus au sud, sur le bord de la rivière, à côté du chemin de Sokoto, et à un mètre environ au-dessus du fond de la vallée, cette nappe d'eau donne naissance à deux belles petites sources qui jaillissent des sables et qui déversent leurs eaux limpides dans la Runganda.

Cette nappe aquifère, à cause de sa presque horizontalité, va en s'élevant peu à peu au-dessus du fond de la vallée de la Runganda, à mesure qu'on descend vers le sud, et déverse ses eaux dans les nombreux petits vallonnets qui, de part et d'autre, débouchent dans celle-ci.

Elle se poursuit de l'autre côté de la vallée du Goulbi. Au sud de Sokoto, à côté de la Résidence, dans le fond d'un petit ravin, entre des blocs de grès ferrugineux, jaillit une belle petite source limpide qui alimente le poste et dont le trop-plein se déverse dans le Goulbi.

Sur cette même falaise, il existe d'autres petits ruisselets semblables, et ayant même origine.

6. — Adar.

Généralités. — L'Adar confine, à l'est, à l'Adar-Doutchi ; au sud, au Konni ; à l'ouest, au Maouri, et au nord au désert d'Azaoua.

Du nord au sud, de Tahoua au Konni, il mesure près de 100 kilomètres, et de l'est à l'ouest, de l'Adar-Doutchi au Maouri, près de 80 kilomètres.

L'Adar est une région à peu près plane, peu accidentée. Il ne possède pas de plateaux élevés comme l'Adar-Doutchi, à l'est, ou comme le Maouri, à l'ouest. Sur son bord occidental, cependant, entre Illéla et Gougouféma, notamment, il rappelle assez le Konni avec ses grandes buttes isolées dominant la plaine, et ses mares de barrages s'étendant dans le fond de certaines vallées.

Presque en entier, il appartient à l'ancien bassin du dallol Maouri. Une faible partie seulement de ses eaux, au sud-est, se déversait dans le Goulbi. La ligne de partage n'est pas indiquée. Ce n'est que par l'étude de la direction des vallées qu'on arrive à distinguer ces deux bassins.

Dans tout l'Adar, l'érosion a été très active. Les formations grésio-ferrugineuses, autrefois continues, et qui se présentent encore en lambeaux si nombreux et si étendus à l'est et à l'ouest, ont disparu à peu près partout dans ce pays. C'est à peine si on les trouve encore en place, sur quelques rares mamelons. Par contre, leurs éboulis, plus ou moins abondants, suivant les endroits, s'observent en de

nombreux points, recouvrant le sommet et le flanc des buttes, jonchant le sol ou dominant les berges des anciennes vallées.

Les vallées sèches de l'Adar ont de 25 à 30 mètres de profondeur, au maximum, alors qu'en amont, dans l'Adar-Doutchi, elles en ont de 60 à 80 : ici, l'érosion à la surface du sol a été très active et a fait disparaître le chapeau gréso-ferrugineux que l'on observe là.

Dans l'Adar s'est produit le même phénomène que nous avons signalé dans le Djerma. Les sables argileux, servant de substratum au chapeau ferrugineux, ont été démolis très rapidement par les pluies, le long des berges qui dominent les vallées, et les formations ferrugineuses placées au-dessus se sont éboulées et désagrégées de même.

Itinéraire sud-ouest-nord-est à travers l'Adar. — De Gougouféma jusqu'à Daouréré, sur une quinzaine de kilomètres, c'est la plaine continue, à peine ondulée.

A quelques kilomètres à l'est de Gougouféma, et à 8 à 10 kilomètres au sud de la route, il existe une trainée de buttes qui se poursuit jusque près de Daouréré, tandis que quelques hauteurs se dressent au nord.

De Daouréré à Agourmi, c'est encore la plaine qu'entaillent de larges vallées, de 15 à 20 mètres de profondeur, et que surmontent des buttes sablo-argileuses, de 50 à 60 mètres de hauteur. Ces dernières, qui sont tantôt isolées ou tantôt groupées, plusieurs ensemble, ont parfois la forme de dômes, d'autres fois celle de massifs allongés aux sommets arrondis. Les unes et les autres sont toutes recouvertes de blocs de grès ferrugineux, mais, nulle part, je n'ai vu en place un chapeau de ces mêmes formations.

Le village d'Agourmi est entouré de presque tous les côtés par des buttes assez élevées et assez massives. Par leur aspect, les environs de cette localité rappellent le Konni.

La mare d'Agourmi, comme celle de Kamado, un peu plus à l'est, et celles du Konni, occupe le fond d'une vallée ; c'est encore une mare de barrage.

La butte qui domine Kamado a de 60 à 80 mètres de hauteur. C'est la plus élevée et la plus massive de l'Adar.

A partir d'Illéla, c'est la plaine à peu près unie qui revient. Elle est sillonnée par de larges vallées sèches, en partie comblées par les sables, tandis que des débris de grès ferrugineux jonchent son sol en maints endroits.

A l'est de Segoum, c'est la continuation de la plaine, sans buttes, avec grande abondance de blocs de grès ferrugineux. Le plateau

sablo-argileux se relève insensiblement et se raccorde avec le chapeau ferrugineux qui coiffe tout le plateau de l'Adar-Doutchi.

La vallée qui est au pied du village a de 30 à 40 mètres de profondeur et 800 à 1.000 mètres de large. Dans son fond, à Tsiguilli, un puits de 6 à 7 mètres de profondeur a ramené des formations calcaires contenant quelques débris de coquilles, notamment d'huîtres. J'ignore si elles sont en place ou si elles représentent des éboulis. C'est un peu plus loin, à l'est, que le chapeau ferrugineux est en place et que les calcaires affleurent dans la vallée. Là on entre dans l'Adar-Doutchi.

Itinéraire nord-sud à travers l'Adar. — Une vallée sèche de plusieurs kilomètres de large, et de 25 à 30 mètres de profondeur, s'ouvre au nord du poste de Tahoua.

A partir de Tahoua, et au sud de ce village, le sol sablonneux est jonché, par endroits, de blocs de grès ferrugineux.

A mi-chemin, entre Tahoua et Mogueur, le sol devient légèrement accidenté avec de petits mamelons sablo-argileux modelés par l'érosion, de 10 à 15 mètres, tandis que des buttes se profilent au loin, vers l'ouest.

Le flanc méridional de l'ancienne vallée, sur le bord de laquelle se trouve Mogueur, est recouvert de blocs de grès ferrugineux. Puis, jusqu'à Illéla, c'est la plaine continue.

La vallée sèche qui s'ouvre au nord d'Illéla est peu profonde. Les puits qu'on y a creusés ont deux mètres environ.

Du sommet de la petite butte sableuse qui supporte Illéla, la vue s'étend très loin : c'est la plaine tout autour, sauf vers l'ouest et le sud-ouest où se dressent des hauteurs assez sensibles.

Jusqu'à Folea, le sol sablo-argileux est légèrement mamelonné.

Au nord de ce village, dans un petit ravin de deux mètres, qui entaille une arête sablo-argileuse, un peu gréseuse, j'ai observé des sables légèrement calcaires, en bancs plus ou moins épais, bien réguliers, et à peu près horizontaux. On est là sur le bord des formations sédimentaires de l'Adar-Doutchi.

Au sud de Folea, le sol est jonché par des blocs de grès ferrugineux rouge foncé, parfois assez volumineux, et ayant un aspect tabulaire.

La plaine se poursuit ensuite jusqu'au Konni.

7. — Adar-Doutchi.

Généralités. — L'Adar-Doutchi, ou Adar montagneux (doutchi, en haoussa, signifie montagne), touche à l'ouest et au sud-ouest à l'Adar, au sud et au sud-est au Gobèr-Toudou. Vers le nord et le nord-est, il se poursuit par des zones à peu près inhabitées, où vivent seulement quelques tribus nomades de Touaregs.

A proprement parler, l'Adar-Doutchi, quoique très accidenté, ne possède pas de montagnes. C'est une succession de plateaux et de buttes, ayant les uns et les autres même constitution et même hauteur, une centaine de mètres au maximum, que l'érosion a découpés dans une formation continue qui recouvrait tout le pays.

Les vallées sèches ou dallois, qui entaillent si profondément l'Adar-Doutchi, ont une centaine de mètres de profondeur au maximum. Elles ont parfois plusieurs kilomètres de large. C'est dans le fond de l'une de ces vallées, barrée par des sables, que s'étend la mare de Keïta, l'une des plus grandes et des plus belles de tout le Soudan.

Pendant la saison des pluies, elle constitue un grand lac de dix à quinze kilomètres de tour; à la fin de la saison sèche, elle ne renferme presque plus d'eau.

A peu près au centre de cette région, dans les environs de Laba, se trouve un petit nœud hydrographique d'où partent un grand nombre de vallées.

Comme dans presque tout le Soudan, aucune rivière permanente n'existe dans l'Adar-Doutchi.

A chaque orage seulement, il se forme sur les plateaux de vrais torrents qui descendent avec impétuosité dans la plaine où ils sont immédiatement absorbés par les sables.

Une seule de ces rivières temporaires mérite une mention spéciale: c'est la *Majia*, dont nous avons déjà parlé et dont les eaux donnent naissance à l'étang de Kalmato. Au début de la saison pluvieuse, cette rivière coule à peine un jour après chaque tornade. A la fin de la saison, quand le sol est imbibé d'eau, elle coule continuellement pendant près de deux mois environ.

Les puits sont creusés dans le fond des vallées. Ils atteignent l'eau à des profondeurs qui varient avec l'endroit et suivant la saison.

A Tamaské, pendant la saison des pluies, les puits ont 5 à 6 mètres de profondeur. Pendant la saison sèche, on est obligé de les approfondir jusqu'à 9 et 10 mètres.

A Kalfou, fait à signaler, car je ne l'ai observé nulle part ailleurs, trois puits sont creusés sur le sommet du plateau, où le chapeau ferrugineux manque à peu près totalement, et rencontrent l'eau à 25 mètres environ.

Les lambeaux de plateau et les buttes qui dominent les vallées ont des falaises ordinairement très abruptes. Presque partout ces plateaux et ces buttes sont coiffés par un chapeau de grès ferrugineux rouge, formant corniche et ayant, de loin, beaucoup de ressemblance avec les nappes de basalte qui recouvrent les plateaux d'Auvergne.

Cette formation gréseuse s'éboule constamment. Les blocs qui s'en détachent jonchent les flancs des falaises et vont s'étaler à leur base.

Les sentiers qui gravissent ces falaises pour mener d'une vallée à une autre, c'est-à-dire pour conduire d'un village à un autre village, sont d'ordinaire à peine praticables. Les eaux de pluie les ravinent continuellement et les blocs éboulés les encombrement très souvent.

Ses formations calcaires. — Sans avoir de limites bien définies, l'Adar-Doutchi présente cependant une unité géologique très nette. C'est seulement dans ce pays qu'affleurent les terrains calcaires fossilifères que l'on rencontre entre le Niger à l'ouest et le Zinder à l'est.

La présence de cette dernière formation, au milieu des dépôts sableux et argilo-sableux qui recouvrent presque tout le centre de l'Afrique, a contribué à donner à ce pays l'allure un peu spéciale qui le distingue de ses voisins.

Ces calcaires sont intercalés au milieu des formations sableuses dont nous venons de parler. Tout le long des falaises, ils forment une bande blanchâtre très nette et visible de loin.

Plus consistants que les sables argileux au milieu desquels ils sont situés, ces calcaires résistent mieux aux agents érosifs.

Se démolissant lentement, le chapeau ferrugineux qui les surmonte s'éboule moins vite. Et ainsi s'explique que cette région soit moins érodée que les régions avoisinantes.

Ces dépôts sédimentaires ne s'étendent guère au sud du parallèle de Bouza où ils se terminent en coin au milieu des formations sablo-argileuses qui forment tout le pays au sud de cette ligne. Vers l'est, ils ne dépassent guère Bouza, où ils ont disparu, emportés par l'érosion. A l'ouest, ils disparaissent en profondeur à une vingtaine de kilomètres avant le méridien de Tahoua.

Je ne sais s'ils se prolongent très loin dans cette direction. Les puits, de l'Adar-Doutchi jusqu'au Niger, n'ont jamais atteint cette formation.

Par contre, vers le nord et le nord-est, je les ai observés à une cinquantaine de kilomètres de Tamaské, et d'après les renseignements ils iraient très loin.

L'étude géologique de ces formations calcaires fossilifères sera faite plus loin.

8. — Gober-Toudou.

Généralités. — Le Gober-Toudou, ou Gober des dunes, confine au nord à l'Adâr-Doutchi, à l'ouest au Konni, au sud au Sokoto, à l'est au Gober et au nord-est à une région désertique qui s'étend jusqu'au Damergou et à l'Aïr. Il mesure une centaine de kilomètres est-ouest sur 70 kilomètres nord-sud.

Sa dénomination est impropre, car ce pays n'est pas une région dunaire. Les accidents du sol, pris pour des dunes, sont les arêtes sablo-argileuses, modelées par l'érosion, aux formes douces et arrondies, qui séparent les vallées et les vallons.

Le système hydrographique est très net. Toutes les vallées, plus ou moins ensablées, se reconnaissent encore et se dirigent vers le sud-ouest, dans la direction du Goulbi n'Kaba, qui est une vallée sèche.

Doutchi n'Zama, Doutchi n'Zerda. — Deux petits massifs montagneux, appelés Doutchi n'Zama et Doutchi n'Zerda, se dressent dans la partie centrale du Gober-Toudou. Le premier est plus étendu et plus élevé que le second. Ils forment une trainée nord-est-sud-ouest qui s'étend au nord du Goulbi n'Kaba, entre cette vallée et la vallée d'un ancien affluent de celui-ci.

C'est un reste des anciennes formations de ce pays que l'érosion a épargnées ou n'a pas encore complètement démolies. C'est à leur situation privilégiée à proximité de la rencontre de deux cours d'eau qu'elles doivent d'avoir été conservées.

Le massif du Doutchi n'Zama mesure à peu près une vingtaine de kilomètres de long sur une dizaine de kilomètres de large. Il est allongé nord-est-sud-ouest dans le sens des deux vallées qui le limitent de part et d'autre. Il est formé par un assez grand nombre de buttes, en forme de dômes, groupées sans ordre et parfois accolées les unes aux autres. C'est vers le nord-est que les buttes sont le plus élevées. Le point culminant a une centaine de mètres de haut et domine la plaine de près de 150 mètres. Dans le sud-ouest, les buttes ont seulement de 50 à 60 mètres.

Toutes ces hauteurs sont formées par des sables argileux plus ou moins compacts. A moins d'un kilomètre au sud de Marmorou, ces sables passent à des grès tendres un peu lités.

Ces petits massifs sont coiffés par des blocs de grès ferrugineux, et les éboulis abondent sur leurs flancs et à leur base. Sur aucun d'eux je n'ai vu ces formations gréso-ferrugineuses en place, c'est-à-dire y former une corniche au profil très net.

La large vallée sèche qui existe entre le plateau de l'Adar-Doutchi, au nord-ouest, et les massifs du Doutchi n'Zama et du Doutchi n'Zerda, au sud-est, s'ouvrent dans le Goulbi n'Kaba.

C'est par elle que s'écoulaient autrefois toutes les eaux qui descendaient des nombreuses buttes des environs de Bouza. Vers Leyma, cette vallée a plusieurs kilomètres de large et une dizaine de mètres de profondeur.

Aujourd'hui, ces anciens affluents ne coulent plus que dans leur cours supérieur et pendant quelques heures seulement, après chaque orage. Vrais torrents à leur origine, ces cours d'eau temporaires ne tardent pas à disparaître après être arrivés dans la plaine, où ils sont absorbés par le sol sablonneux.

9. — Collines gréseuses de Korgom.

Toute la région qui s'étend autour de Korgom, à une quarantaine de kilomètres au sud-est de Tessaoua, est constituée par des collines et des buttes gréseuses de 60 à 80 mètres de hauteur.

Ces collines et ces buttes sont les restes d'une formation autrefois continue que l'érosion a démolie à peu près partout. Les eaux de ruissellement continuent encore leur œuvre de destruction.

Après chaque tornade, des torrents impétueux descendent de ces collines, démolissant et entraînant tout. Arrivés dans la plaine, ils sont rapidement absorbés par le sol sablonneux, et les débris de sables qu'ils roulent s'étalent à la surface du sol.

La coupe (fig. 10) qui passe par Korgom donne une idée de l'aspect et de la structure de la région.

Au sud de Tchola, c'est la plaine immense qui se continue bien au delà de la frontière franco-anglaise.

La petite crête de 25 à 30 mètres, qui sépare les deux vallées de Tchola et d'Ouadi, est constituée par des grès rougeâtres, un peu ferrugineux et très friables. A Ouadi, le puits a 25 à 30 mètres.

La petite butte de 25 mètres environ qui se dresse au milieu de la vallée, à 1.500 mètres environ au nord d'Ouadi, est également cons-

tituée par des grès rougeâtres, un peu bariolés, disposés par couches à peu près horizontales.

Au nord d'Halzenna, le plateau qui s'est un peu relevé et qui a même constitution, a de 50 à 60 mètres de hauteur. Quelques petits cailloux de quartz, un peu roulés, s'observent à la surface du sol, au milieu des éboulis.

Le village de Korgom est presque au fond d'une vallée de 80 mètres de profondeur, au pied d'une falaise abrupte formée par des grès blanchâtres, rougeâtres, bariolés, assez consistants.

Les flancs de cette falaise sont fortement déchiquetés et entaillés par des ravins qu'approfondissent, après chaque orage, les eaux de ruissellement.



Fig. 10. — PROFIL A TRAVERS LE MASSIF DE KORGOM.

1, sables argileux.

Toute la région qui avoisine Korgom, avec ses larges vallées et ses hautes falaises presque abruptes, avec ses plateaux aux profils rectilignes, rappelle l'Adar-Doutchi comme aspect physique. Nous savons que la constitution géologique n'est pas la même.

Dans la région de Korgom, les collines sont formées par des grès gris brun ou rougeâtres. Nulle part, je n'ai vu un chapeau de grès ferrugineux, avec oolites ferrugineux, comme vers l'ouest. Par contre, j'ai observé en beaucoup de points, dans les éboulis, des petits cailloux de nature quartzeuse dont j'ignore la provenance.

A une dizaine de kilomètres au nord de Korgom, on retombe de nouveau dans la plaine qui se continue à peu près unie, ou à peine accidentée, jusqu'à Tessaoua et au delà.

10. — Damagarim.

Le Damagarim, ou sultanat de Zinder, est l'un des plus étendus des anciens sultanats du Centre africain. Il n'a aucune frontière naturelle.

Il mesure approximativement 150 kilomètres du nord au sud, et 120 kilomètres de l'est à l'ouest. Au nord et au nord-ouest, il se continue par une zone à peu près désertique qui le relie au Damergou;

à l'est, il touche au Mounio; au sud et au sud-ouest, il confine à la Nigeria anglaise; enfin, à l'ouest, il voisine avec le petit sultanat de Tessaoua.

Aperçu général. — Dans son ensemble, le Damagarim constitue une immense plaine sableuse dans la partie nord-est de laquelle émergent quelques massifs assez étendus, mais peu élevés (fig. 16).

D'après son aspect topographique, et d'après sa structure géologique, nous pourrions distinguer dans ce pays plusieurs régions que nous étudierons ensuite successivement :

1° Presque à son centre, c'est le *massif granitique de Zinder* qui s'étend à plus de 20 kilomètres à l'ouest de cette ville, sur près de 10 kilomètres de large. Il émerge d'une façon presque continue au milieu des sables et des formations sablo-argileuses qui recouvrent une partie du centre de l'Afrique;

2° La partie nord-est du Damagarim est occupée par un vaste massif de quartzite, que nous appellerons *massif d'Alberkaram*, du nom d'un des principaux villages qui se trouvent dans cette région;

3° A une cinquantaine de kilomètres au sud-est de Zinder, il existe un autre massif de quartzite, plus étendu et plus élevé que celui d'Alberkaram, c'est le *massif d'Illéla*.

Ces deux massifs de quartzites sont complètement distincts l'un de l'autre et sont séparés par une zone sableuse plane au milieu de laquelle émergent quelques petites buttes de quartzite et quelques petits pointements de granite;

4° La partie sud-est du Damagarim, celle qui s'étend sur le bord oriental du massif d'Illéla, possède un certain nombre de mares salées qui sont le siège d'une active exploitation de sel : c'est la région des *mares salées du Damagarim*;

5° Enfin, le sud et le sud-est de ce pays, plus de la moitié de ce sultanat, appartient à une grande plaine sableuse, à peu près unie, tandis que le nord et le nord-ouest, jusqu'au Damergou, est constitué par une vaste plaine sablonneuse, presque désertique, qu'accidentent quelques buttes gréseuses pouvant avoir jusqu'à 50 mètres de hauteur.

Massif granitique de Zinder. — Le massif de Zinder, qui mesure une vingtaine de kilomètres de long sur une dizaine de large et une cinquantaine de mètres de hauteur au maximum, est entouré de toutes parts par des sables argileux et des sables.

Il est surtout développé dans sa partie orientale. Le pointement le plus élevé de ce massif se trouve immédiatement au nord de Zinder

et supporte le fort de Cazemajou. Un autre pointement, moins puissant, se dresse dans la partie occidentale de la ville et présente une surface nue ; de grandes plaques s'en détachent continuellement.

Vers l'ouest, ce massif granitique est moins élevé. Néanmoins, il forme plusieurs petites buttes, principalement dans les environs de Tirmini et de Dambéda.

Massif quartziteux d'Alberkaram. — Le massif montagneux d'Alberkaram, qui se dresse au nord-est de Zinder, mesure une trentaine de kilomètres de long sur une vingtaine de kilomètres de large. Ses points culminants atteignent à peu près une cinquantaine de mètres de hauteur.

Ce massif, que l'érosion a découpé en buttes et en mamelons disposés en chapelet, est formé par des quartzites. Il a du granite pour substratum (fig. 11).

Ce sont principalement des buttes ou des traînées de buttes qui dominent vers le sud-ouest, du côté de Zinder. Les premières ondulations, qui affleurent à moins d'un kilomètre de cette ville, n'ont que quelques mètres de haut. Les quartzites qui constituent certaines



Fig. 11. — COUPE NORD-EST-SUD-EST D'ALBERKARAM A GAFATI.

1, granite ; 2, quartzite ; 3, sables.

d'entre elles possèdent une stratification assez nette et leurs couches, sensiblement orientées nord-sud, plongent vers l'est de 45 degrés environ.

La hauteur de ces buttes augmente en allant vers le nord. Celles qui environnent Dakoussa ont de 20 à 30 mètres d'élévation.

A l'est de Dakoussa, les buttes et les massifs qui délimitent la grande dépression, en forme d'amphithéâtre, dans l'intérieur de laquelle se trouve Alberkaram, ont une cinquantaine de mètres de haut.

Toutes ces buttes, et tous ces massifs de quartzite, ont leurs sommets et leurs flancs recouverts de blocs éboulés, aux arêtes ordinairement anguleuses, qui en rendent l'ascension et la traversée très pénibles, presque impossibles. Ce n'est que par les passages naturels, par les cols, qui existent entre ces hauteurs, que l'on peut aller facilement d'un versant à l'autre.

Les sables venant de l'est, poussés par les vents, et ceux provenant de la désagrégation des quartzites, recouvrent toute la plaine qui s'étend autour de ce massif. En beaucoup d'endroits, ils se sont accumulés au pied de ce dernier et en ont commencé l'escalade.

A cause des sables, qui se trouvent à peu près partout et qui masquent presque tout, le substratum n'est visible qu'en un petit nombre d'endroits. Partout où il affleure, ce dernier est constitué par du granite.

Massif quartziteux d'Illéla. — Le massif de quartzite d'Illéla, grossièrement orienté nord-sud, est un peu plus étendu et élevé que celui d'Alberkaram. Il mesure une soixantaine de kilomètres de long sur une dizaine de kilomètres de large.

Un large sillon, qui est une ancienne vallée en partie ensablée, coupe transversalement cette traînée montagneuse et permet de passer d'un bord du massif à l'autre. C'est sur le côté méridional de ce sillon, au pied d'un fort escarpement, que se trouve le village d'Illéla.

Dans sa partie méridionale, à Ouacha, ce massif montagneux est formé par des buttes, pour la plupart isolées, de 20 à 30 mètres de hauteur.

En remontant vers le nord, les buttes sont plus massives et plus élevées. C'est dans sa partie centrale, au sud d'Illéla, que se dressent les points culminants, avec 150 mètres de hauteur, au maximum.

Tout à fait à son extrémité septentrionale, ces hauteurs sont groupées en cercle et déterminent un grand cirque, à peu près fermé, dans lequel on ne peut pénétrer que par quelques cols ou passages, d'ordinaire assez étroits. C'est dans son intérieur, et sur son bord oriental, en partie ensablés, que se trouve le village de Djigaoua.

A une dizaine de kilomètres à l'ouest de ce massif principal, et dont elle est séparée par une ancienne vallée, aujourd'hui ensablée, court une petite traînée de buttes de même nature, ayant à peine 50 mètres de hauteur et moins d'un kilomètre de large.

Comme le massif d'Alberkaram, celui d'Illéla est très ensablé. L'ensablement est postérieur au modelé de ce dernier par l'érosion.

Poussés par les vents de l'est, les sables se sont accumulés à la base du flanc oriental de ce massif. S'engouffrant dans les passages étroits qui existent entre les buttes, ou passant par-dessus les buttes les moins élevées, les sables vont s'étaler dans l'intérieur du massif dont ils ont commencé le comblement.

En quelques points, à l'ouest d'Illéla et au sud et à l'ouest de Djigaoua, qui sont peu ou pas ensablés, on voit le soubassement de

ce massif de quartzite et on constate qu'il est formé par du granite.

En quelques autres points, et principalement au nord et au nord-ouest d'Illéla, et entre ce village et celui d'Hamdara, les parties basses, non encore ensablées, sont transformées en véritables marécages, où séjournent les eaux qui n'ont plus d'écoulement.

Dans la région plane, couverte de sable, dont Zermo occupe le centre, entre les deux massifs d'Alberkaram et d'Illéla, émergent quelques petites buttes de quartzites et quelques petits pointements de roches granitiques, qui prouvent qu'il y a continuité de constitution entre ces deux régions qui paraissent cependant complètement distinctes.

Mares salées du Damagarim. — A une soixantaine de kilomètres au sud-est de Zinder, de l'autre côté du massif de quartzite d'Illéla, que nous avons décrit, il existe un certain nombre de mares temporaires dont les eaux sont salées.

Trois de ces mares, celles d'Ouacha, de Kakibaré et de Gorébi sont assez rapprochées les unes des autres et sont toutes situées au pied de buttes de quartzite.

A une vingtaine de kilomètres au nord-est de ce premier groupe de mares, à Guidjimo, à Gazafa et à Abqué, également dans le voisinage de buttes de quartzites, il en existe un deuxième qui est beaucoup moins important et que je n'ai pas eu le temps de visiter.

Mare d'Ouacha. — La mare d'Ouacha se trouve à l'extrémité méridionale du massif d'Illéla. Son fond est tapissé par une terre noirâtre argileuse, se fendillant sous l'action de la chaleur, et pouvant avoir trois mètres d'épaisseur au maximum.

Elle est alimentée par les eaux que lui envoie, pendant les tornades, le massif quartzeux, haut d'une trentaine de mètres, qui se dresse au nord et au nord-est. Les sables argileux environnants ne lui donnent aucun apport, car ils absorbent l'eau au fur et à mesure qu'elle tombe.

La mare n'a pas de déversoir et se remplit d'une couche d'eau qui a de 20 à 30 centimètres d'épaisseur. Un mois environ après la cessation des pluies, elle est sèche, tellement l'évaporation est rapide dans ces régions tropicales.

Après l'assèchement de la mare, les argiles qui en tapissent le fond durcissent et se fendillent sur quelques centimètres, en même temps qu'elles se recouvrent de fines efflorescences salines blanches.

Les indigènes dédaignent ces premiers dépôts et ne recueillent

que la terre qui vient au-dessous, bien que celle-ci ne présente aucune trace d'efflorescence.

Cette terre est lavée dans des callebasses, et les eaux de lessivage, après évaporation dans des auges en bois, abandonnent les sels qu'elles avaient dissous. Ceux-ci, par une légère cuisson, se consolident en une galette qui est utilisée pour l'alimentation.

Ces galettes de sel, ou manda, valent sur place de 50 à 60 cauries (o^r 10 environ); transportées sur les marchés de la Nigeria, à Goumell et à Zango, elles valent à peu près le double.

C'est sur les bords de la mare, près du rivage, que sont creusés les puits où s'alimente le village. Ceux-ci, d'abord à fleur de sol, sont approfondis peu à peu à mesure que le niveau de l'eau souterraine baisse.

Mares de Kakibaré et de Gorebi. — La mare de Kakibaré est située à une dizaine de kilomètres à l'est de celle d'Ouacha. On s'y livre à l'industrie du sel, comme à Ouacha, et on y emploie les mêmes procédés. Le rendement est moins important. Comme à Ouacha, la mare est située au pied de buttes de quartzite, et ce sont les eaux de ruissellement venant de celles-ci qui l'alimentent.

Gorebi est à une dizaine de kilomètres plus à l'est, à proximité de buttes de quartzite. Le sel, de moindre qualité qu'à Ouacha et Kakibaré, est préparé de la même façon.

Sud et sud-ouest du Damagarim. — Toute la partie sud et sud-ouest du Damagarim, qui est comprise entre le massif granitique de Zinder, au nord, le massif quartziteux d'Illéla, à l'est, les buttes de Boukoudou, au sud, et les collines gréseuses de Korgom, à l'ouest, forme une vaste plaine sablonneuse dont l'aspect et la constitution sont à peu près partout les mêmes.

Sauf à Mirria, cette région ne possède aucun cours d'eau, ni aucune nappe d'eau ou mare temporaire, les eaux de pluie étant absorbées par les sables au fur et à mesure qu'elles tombent.

L'ancien système hydrographique subsiste par endroits, dans ses grandes lignes, et montre que ce pays était autrefois sillonné par de nombreuses rivières. Les eaux de toute cette région étaient amenées au Niger par la voie des Goulbis.

Source de Mirria. — Le village de Mirria est à une vingtaine de kilomètres au sud-est de Zinder. Il est situé dans le fond plat, à peu près dépourvu de sable, d'une large vallée orientée nord-est-sud-

ouest, dont les berges sableuses atteignent à peine une dizaine de mètres de hauteur.

A un kilomètre à peine au nord de Mirria, cette ancienne vallée est complètement barrée par des sables. De la base de ceux-ci sort un petit ruisseau, aux eaux limpides et au débit à peu près constant, qui se dirige vers le sud, vers Mirria. Immédiatement au sud du village, un nouveau barrage de sable ferme la vallée et les eaux s'étalent sur un assez grand espace pour donner naissance à une jolie petite mare permanente. Ce petit ruisseau est une résurgence d'un cours d'eau qui circule lentement sous les sables.

Des jardins sont établis tout le long de ce petit ruisseau, et la vallée est une vraie oasis de verdure, même pendant la saison sèche. Les quelques légumes qui y poussent, lorsqu'ils n'ont pas été dévorés par les sauterelles, servent à alimenter les villages voisins, et en particulier Zinder. Le système d'irrigation adopté par les indigènes est bien compris.

Comme celle de Mirria, toutes les anciennes vallées, quoique ensablées, continuent à recueillir et à drainer les eaux de pluie, et c'est toujours dans leurs thalwegs que sont creusés les puits.

De Zinder à Ouacha. — Sur presque tout le trajet de Zinder à Ouacha, par Kintchandi, Mirria, Karaé, le pays représente une immense plaine sableuse qu'accidentent des mamelons de sable, allongés nord-sud, et enchevêtrés les uns dans les autres. Ces mamelons, dont les sommets sont arrondis, ont à peu près tous la même hauteur. Ils sont séparés les uns des autres par des dépressions qui ont à peine une dizaine de mètres de profondeur, et qui communiquent entre elles par de petits cols en partie ensablés.

Tout cet ensemble représente un paysage dunaire que les vents et surtout les pluies ont modelé, et que fixe une végétation formée d'arbustes et de touffes de graminées.

L'ancien système hydrographique existe encore, par lambeaux, dans ses grandes lignes. Par endroits, les larges vallées, qui servent de collecteurs, sont encore ouvertes, avec leurs berges sableuses, et leur fond plat que tapisse parfois une terre noirâtre, argileuse. Le lit d'une de ces anciennes rivières est encore très net à Karaé.

De Dungass à Zango et à Korgom. — Vers le sud, dans les environs de Dungass, Dam Tchiao, Dambadada, Zango, le sol, comme vers le nord-est, est uniquement formé par des sables. Nulle part, je n'ai vu entre les monticules de sable, ou dans les portions de vallée qui existent encore, des formations gréseuses semblables à celles que

l'on observe assez fréquemment vers l'ouest, en avant des collines de Korgom. Néanmoins, elles se trouvent en profondeur, car, presque partout, les puits en ramènent des débris.

11. — Région comprise entre le massif quartziteux d'Illéla et le massif granitique du Mounio.

Généralités. — La région comprise entre le massif quartziteux d'Illéla et le massif granitique du Mounio, est recouverte par un puissant manteau de sables, à la surface mamelonnée, qui représente une ancienne formation dunaire entièrement démolie et aujourd'hui à peu près fixée par la végétation.

Les monticules de sable sont presque toujours allongés nord-sud, et leur flanc occidental est ordinairement plus abrupt que le flanc oriental.

Vers Tchangari, et principalement sur 5 à 6 kilomètres à l'est de ce village, ces monticules de sables sont un peu plus élevés qu'à l'ouest. La différence d'altitude entre leurs sommets et le fond des dépressions qui les séparent peut avoir de 15 à 20 mètres.

Dans toute cette région, le niveau aquifère est à une faible profondeur. A Tchangari, les puits ont 6 à 7 mètres, et fournissent une eau excellente.

En avant du Mounio, cette région sablonneuse se termine par une légère arête à laquelle fait suite un sillon de plus d'un kilomètre de large, et d'une quinzaine de mètres de profondeur. Celui-ci est le fond d'une ancienne vallée qui vient du Koutous et qui longe tout le flanc occidental du Mounio.

C'est par un col, aux abords ensablés, que le chemin pénètre dans l'intérieur du massif du Mounio.

Dans sa partie occidentale, au voisinage du massif d'Illéla, cette couverture sableuse est percée par des buttes et des groupes de buttes de quartzite dont certaines émergent à peine du sol, tandis que d'autres atteignent jusqu'à 60 à 80 mètres de hauteur, comme celle de Chédica qui est à 5 à 6 kilomètres au nord-est de Guidimouni.

Les pointements de quartzite les plus orientaux que j'ai observés se trouvent dans les environs d'Ouargalé.

Des mares, le plus souvent temporaires, quelques fois permanentes, se trouvent ordinairement à proximité de ces buttes et sont généralement situées sur le bord occidental, où elles sont abritées des vents et par suite protégées contre l'ensablement. Elles sont alimentées par les eaux qui descendent de ces buttes, les jours de tornade.

Presque toutes ces mares sont salées. Après leur assèchement, des efflorescences salines se forment dans leur fond et sont exploitées pour la fabrication du sel.

Mares de Guidimouni. — Il existe deux mares à côté de Guidimouni, les seules mares permanentes de toute la région. L'une est située dans la vaste dépression de 4 à 5 kilomètres de dimensions, et de 15 à 20 mètres de profondeur, qui s'ouvre au milieu de sable à l'ouest de la butte de Chédica ; l'autre se trouve dans une large échancrure, en forme de fond de vallée, qui part de cette dépression et qui s'enfonce dans les sables, vers l'ouest.

Cette dernière, qui se trouve à côté de Guidimouni, fournit de l'eau douce. L'autre, la plus orientale, a de l'eau natronnée ; comme elle ne s'assèche jamais, elle ne laisse presque pas déposer d'efflorescences salines sur ses bords, et elle n'est l'objet d'aucune exploitation.

Dans ces deux mares vivent des câïmans qui ont jusqu'à 1 m. 50 de longueur. La présence de ces animaux, qui se rencontrent également dans certaines mares permanentes du Manga occidental, entre le Mounio et le Tchad, et qui vivent en grand nombre dans le Tchad, prouve que des relations ont eu lieu autrefois entre ces différentes nappes liquides.

12. — De Zinder au Damergou.

Généralités. — Entre le sultanat de Zinder et le Damergou, s'étend une vaste zone presque complètement désertique, d'une centaine de kilomètres de large.

Quelques petits villages seulement se rencontrent de distance en distance au milieu de cette immense solitude. Ils sont établis à proximité de mares d'hivernage dont les eaux servent à l'alimentation des indigènes et de leurs troupeaux.

Quand les mares sont sèches, deux ou trois mois après la saison des pluies, des puits sont creusés dans le fond même de celles-ci et ils sont approfondis à mesure que baisse le niveau aquifère.

Une des routes les plus fréquentées pour aller de Zinder au Damergou est celle qui aboutit à Olléloua, à près de 100 kilomètres au nord-ouest. C'est celle que suivent les caravanes qui vont à Agadès, dans l'Aïr ou Asbin.

Dian Asmi. — Sur une vingtaine de kilomètres au nord-ouest de Zinder, jusqu'à Dian Asmi, le sol est sablonneux, à peine ondulé, avec de légères dépressions et de faibles élévations.

Dian Asmi est bâti au pied d'un mamelon d'une trentaine de mètres de hauteur. Quelques autres buttes, de même élévation, existent à 2 ou 3 kilomètres au sud de ce village.

A sa base, la butte de Dian Asmi est constituée par des sables argileux rougeâtres ou bariolés. Ceux-ci sont surmontés par des grès siliceux, plus ou moins durs, dans lesquels il existe de petits cailloux roulés allant de la grosseur d'une noisette à celle d'une noix. Des blocs de grès ferrugineux coiffent le tout.

Jusqu'à Meïnaran, sur près de 50 kilomètres, c'est toujours le même sol sablonneux à peine ondulé, que l'on rencontre. Parfois le sol est accidenté par de larges dépressions, d'une dizaine de mètres de profondeur, dirigées vers l'ouest, et représentant le lit des anciens cours d'eau qui parcouraient ce pays.

Meïnaran. — Le village de Meïnaran est situé en plein désert, entre une dizaine de buttes qui sont groupées sur un espace de quelques kilomètres carrés. Il est bâti au pied de l'une d'elles qui a une soixantaine de mètres de hauteur. Cette butte, aux arêtes abruptes, que recouvrent de gros blocs éboulés, est constituée à sa base par des argiles sableuses rougeâtres, tandis qu'elle est coiffée par un chapeau de grès ferrugineux.

Toutes ces buttes des environs de Meïnaran témoignent de la puissance de l'érosion qui a autrefois modelé cette région, et prouvent que des quantités énormes de matériaux ont été entraînées par les eaux de ruissellement.

Du sommet de la butte de Meïnaran, comme d'un observatoire, le regard embrasse tous le pays environnant. Au loin, vers le nord et le nord-ouest, se profilent la trainée de monticules du Damergou, principalement les massifs de Gangara et de Sabonkafi. Au sud-est et à l'est, fermant l'horizon, apparaissent le massif granitique de Zinder et les collines quartziteuses qui s'étendent au nord-est de cette ville jusqu'à Ouamé. Enfin, au loin vers le sud-ouest, dans la plaine, émergent quelques buttes qui en rompent la monotonie.

13. — Damergou.

Généralités. — Le Damergou s'étend au nord du sultanat de Zinder, ou Damagarim, et au nord-est du sultanat de Tessaoua. Une zone désertique, plutôt inhabitée, de 25 à 40 kilomètres de large, le sépare de ces deux contrées.

A l'ouest, il se continue par le désert d'Azaoua qui conduit dans

l'Adar-Doulchi ; au nord, il se prolonge par le plateau du Tagama, à peu près inhabité, qui le relie à l'Aïr ou Asbin ; à l'est, il est séparé de l'Alakos par une région désertique.

L'Azaoua et le Tagama ont des mares d'hivernage à côté desquelles vivent des nomades et pacagent leurs troupeaux.

Le Damergou forme comme une île au milieu du désert. On le dirait jeté dans celui-ci pour donner la main à l'Aïr et pour relier le Soudan au nord de l'Afrique.

Malgré son manque de frontières naturelles, le Damergou peut être considéré comme une région naturelle. Il a à peu près la forme d'une ellipse, de 100 kilomètres de long sur 30 à 40 de large, et dont le grand axe serait orienté nord-est-sud-ouest.

Suivant son grand axe, le Damergou est traversé par une grande arête presque rectiligne et découpée en de nombreux dômes ou buttes dont les sommets sont arrondis.

Les points culminants de cette arête, visibles de très loin, dominent le pays environnant de plus de cent mètres. Il sont coiffés par des blocs de grès ferrugineux dont de nombreux éboulis, mélangés à des débris de formations calcaires fossilifères, ont roulé à la base. La grosse butte qui se trouve à quelques kilomètres à l'ouest de Sabonkafi est le point le plus élevé de tout le Damergou. Elle est coiffée par un chapeau plat de grandes dalles de grès ferrugineux. Les très nombreux blocs éboulés qui recouvrent les flancs de cette butte en rendent l'ascension très pénible et empêchent d'en voir la constitution.

De petites arêtes, perpendiculaires à l'arête principale, se détachent de celle-ci et s'étendent à une certaine distance de part et d'autre. C'est entre elles que s'ouvrent les fonds sablonneux des vallées sèches ou « koris ».

Le versant nord-ouest du Damergou est le plus petit et le moins peuplé.

C'est sur son versant sud-est que se trouve concentrée presque toute la population. Les villages sont ordinairement situés dans les vallées et principalement groupés le long de l'arête centrale. Les puits sont creusés dans le fond sablonneux de ces vallées. On les approfondit au fur et à mesure que le niveau de l'eau baisse.

Le système hydrographique est encore très nettement indiqué, mais les cours d'eau ne coulent plus. Le grand collecteur est formé par le Goulbi n'Kaba, un des affluents du Goulbi, et peut-être l'ancien cours supérieur du Goulbi lui-même.

Le Goulbi n'Kaba contourne le Damergou sur ses flancs est, sud-est et sud et passe à une distance de 20 à 30 kilomètres de l'axe orographique.

Ses affluents de la rive droite, venant du Damergou, coulent sensiblement nord-est-sud-ouest. Sauf après chaque tornade, ils sont toujours à sec. Celui qui passe à Olléloua coule deux jours après chaque pluie.

14. — Mounio.

Généralités. — Le Mounio est une petite région naturelle, constituée par des roches granitiques; il est situé à près de 900 kilomètres à l'est du Niger et à 300 kilomètres environ en deçà du Tchad.

Après celui de Zinder, c'est le deuxième massif cristallin que l'on trouve en allant du Niger au Tchad.

Grossièrement, le Mounio a la forme d'un immense rectangle de 60 à 65 kilomètres de long, nord-sud, sur 25 à 30 kilomètres de large.

Son relief n'est pas élevé et ses points culminants dominent de 150 mètres à peine la plaine environnante.

Relevé vers le nord, où il forme surtout des massifs, et vers l'ouest, où il possède principalement des buttes, le Mounio s'infléchit doucement vers le sud-est, où il se raccorde presque insensiblement avec la plaine sableuse qui lui fait suite.

Avec ses massifs et ses buttes de roches granitiques, entourés de tous côtés par la plaine, le Mounio figure assez bien un véritable archipel d'îles et d'îlots qui émergeraient d'une mer de sable.

Ensablement. — Les sables entourent le Mounio de toutes parts. Poussés par les vents, ils l'ont même envahi sur de grands espaces, principalement sur son bord oriental et dans sa partie méridionale.

Dans ces dernières régions, les sables s'étalent largement dans les parties déprimées qui existent entre les buttes granitiques et les comblent déjà pour la plupart. Ils s'accumulent aussi au pied de ces buttes, et certaines d'entre elles, les moins élevées, sont déjà presque totalement ensevelies.

De la butte microgranitique qui supporte le poste de Gouré, il ne reste plus de visible que le sommet. Tout le flanc oriental est recouvert par les sables. Ces derniers passent maintenant par-dessus la butte et vont s'étaler sur le flanc occidental en s'avancant vers le village de Gouré.

Dans la partie centrale du Mounio, l'ensablement est moins avancé, aussi les roches cristallines affleurent à peu près partout.

Il en est de même pour la partie septentrionale qui est protégée contre les sables, venant du nord-est, par la traînée de massifs et de buttes, très serrés les uns contre les autres, qui bordent le Mounio de ce côté. Les étroits passages qui existent entre ceux-ci sont insuffisants pour livrer passage à la quantité de sable qui serait nécessaire pour recouvrir complètement tout le pays.

Le relief est ancien. — Le relief du massif granitique du Mounio est très ancien. Son modelé est antérieur aux grès du Koutous, qui existent encore sous forme de buttes isolées à moins de 10 kilomètres au nord. Quant aux sables qui entourent ce massif de toutes parts, ils sont récents.

Quand les grès du Koutous se déposèrent, le massif Mounio avait déjà été modelé et déblayé par l'érosion. Les eaux de ruissellement, depuis, n'ont fait que dégager ses anciennes formes.

Nulle part, dans les vallées et les dépressions qui existent entre les buttes ou les massifs, pas plus que dans les déblais retirés des puits, je n'ai vu de cailloux roulés ou de graviers.

Ancien système hydrographique. — Le Mounio ne possède plus de cours d'eau, les pluies étant absorbées au fur et à mesure qu'elles tombent.

Tout l'ancien système hydrographique de cette région a presque entièrement disparu, enseveli sous les sables. Ses traces ne subsistent plus que dans la partie septentrionale, où l'ensablement s'est fait le moins sentir.

Toutes les eaux du Mounio étaient déversées soit à l'est, soit à l'ouest de ce massif. Sur le bord occidental du Mounio et le longeant, il reste encore une large vallée au fond un peu argileux, couvert de végétation épincuse. Cette ancienne vallée, qui est très ensablée et qui est jalonnée par une végétation arborescente assez abondante, se prolonge vers le nord jusque dans le Koutous; sur le bord nord-ouest du Mounio, vers Guédio, elle porte sur certaines cartes le nom de plaine de Nago. Ce mot, qui n'a aucune signification, pourrait être supprimé, puisque rien de spécial ne s'attache à lui.

Dans cette vallée se déversaient les eaux de toute la partie occidentale du Mounio. La dépression sur le bord de laquelle est situé Gabana est une portion d'un de ses anciens affluents.

En maints endroits, ces anciennes vallées du Mounio sont barrées par des amoncellements de sables et paraissent être des cuvettes.

Puits. — Le Mounio n'ayant pas de cours d'eau et ne possédant pas de mares, même temporaires, sauf à Bouné, les indigènes s'alimentent et abreuvent leurs troupeaux avec de l'eau de puits. Ceux-ci sont creusés dans les sables. Ces derniers sont un réservoir d'eau et non un niveau aquifère.

Les sables sont particulièrement abondants sur le pourtour du Mounio et c'est là que sont situés tous les puits. C'est sur le bord oriental que se trouvent les villages les plus nombreux et les plus peuplés. Dans l'intérieur du Mounio, où il n'y a que des roches, il n'existe pas de villages importants.

Les puits sont creusés dans les dépressions qui existent dans les sables et qui correspondent le plus souvent à des portions d'anciennes vallées. Dans le Mounio, ils n'atteignent pas 10 mètres de profondeur.

Environs de Bouné. — Le village de Bouné est situé au sud-ouest du Mounio. Il est bâti au pied occidental d'une butte, aux arêtes très arrondies, ayant à peu près la forme d'un dôme et mesurant une centaine de mètres de haut.

La butte de Bouné est une des plus massives de tout le Mounio. Elle est constituée par du microgranite ordinairement altéré, mais ressemblant à celui de Gouré.

La mare située à l'ouest du village est alimentée à la saison des pluies par les eaux qui descendent de la butte. Après son assèchement, le fond se couvre d'efflorescences de natron que recueillent les gens du village, mais qui n'est pas assez abondant pour donner lieu à un commerce.

Du sommet de cette butte, le regard s'étend très loin.

Vers le sud et le sud-est, à perte de vue, c'est la plaine sablonneuse immense, à peine accidentée par quelques petites éminences.

Au sud-ouest, c'est toujours la plaine, avec un certain nombre de buttes assez élevées, situées dans la région de Zigari que je n'ai pas pu étudier.

Vers le nord et le nord-est, c'est d'abord la plaine sablonneuse, puis les hauteurs du massif du Mounio.

Enfin, vers l'ouest, s'étalent quelques buttes assez rapprochées, puis la plaine à perte de vue.

Environs d'Yamia. — Le village d'Yamia est au sud-est du Mounio et en dehors de ce massif. Il repose sur les sables.

Quelques pointements de roches granitiques affleurent encore dans ses environs, notamment vers l'ouest et le sud-ouest. Les sables les ont presque totalement recouverts, et le plus souvent la roche

n'est visible que sur le flanc occidental du pointement où elle est à l'abri des vents. Parfois même émergent seulement quelques blocs.

Dans toute cette partie méridionale du massif cristallin du Mounio, dont les ramifications vont en s'atténuant progressivement, on assiste donc à l'ensevelissement du pays sous les sables.

L'ancien système hydrographique n'est plus reconnaissable.

Le système dunaire, qui a recouvert le pays, est très démoli. On le devine surtout à l'enchevêtrement des monticules sableux, très écrasés, et aux dépressions, à peine indiquées, qui s'ouvrent entre ceux-ci.

Le soubassement n'est pas à une grande profondeur, car les puits, à Yamia, ont de 8 à 10 mètres environ.

Massif de Mia. — Le petit massif microgranitique de Mia se dresse à une quinzaine de kilomètres au sud-est du Mounio. Il est complètement isolé au milieu des sables.

Il est formé par une série de buttes pouvant avoir de 50 à 60 mètres, au maximum. Celles-ci sont ou isolées, ou groupées ensemble.

Tout le flanc occidental de ce massif, qui est à l'abri des vents, est peu ensablé. Des mares temporaires, de très courte durée, s'établissent à sa base pendant la saison des pluies. Elles avaient donné lieu, il y a quelques années, à l'exploitation du natron. Le gisement est aujourd'hui épuisé.

Les sables sont plus abondants sur le flanc oriental de ce massif. Ils se sont accumulés au pied des hauteurs et ont commencé à en faire l'escalade. A côté, ils forment de petites dunes enchevêtrées les unes dans les autres, mais très nettes néanmoins avec leur partie centrale renflée et leurs ailes surbaissées.

15. — La Région entre le Mounio et le Koutous.

Entre le massif granitique du Mounio, au sud, et le plateau gréseux du Koutous, au nord, s'étend un vaste espace sableux d'une trentaine de kilomètres de large que dominent, de distance en distance, des buttes gréseuses de même nature que le plateau du Koutous, et qui en ont été séparées par l'érosion (fig. 27).

Les sables à peu près purs qui recouvrent le sol représentent des dunes écrasées par les vents et les pluies. De légères dépressions de 10 à 15 mètres s'ouvrent entre elles.

Les buttes gréseuses les plus rapprochées du Mounio en sont encore à une dizaine de kilomètres. La première que l'on trouve sur

le chemin de Gouré à Dellacori a près d'un kilomètre de long et de 40 à 50 mètres de hauteur. Elle est constituée tantôt par des grès très nets, tantôt par des grès poudinguiformes en bancs horizontaux. Dans les éboulis, j'ai rencontré quelques débris de roches variées, notamment de microgranite.

D'autres buttes gréseuses, ordinairement moins massives et moins hautes, s'aperçoivent au loin dans la plaine sablonneuse.

Le village de Dellacori est situé sur le revers septentrional d'une grosse butte gréseuse d'une soixantaine de mètres de haut. Les grès qui la constituent sont en bancs horizontaux qui s'éboulent par tranches successives plus ou moins épaisses. Quelques petits cailloux roulés de roches quartzеuses, ne dépassant pas la grosseur d'une amande, se trouvent à des niveaux très irrégulièrement distribués dans ces grès.

Du sommet de la butte de Dellacori, la vue s'étend très loin. Vers le nord, par delà une large dépression, qui est le fond ensablé d'une ancienne vallée, se continue le vaste et puissant plateau du Koutous. Partout ailleurs, c'est la plaine sablonneuse immense au milieu de laquelle se dressent quelques buttes, ordinairement très démolies, qui attestent de l'ancienne et grande extension de la formation gréseuse du Koutous.

Le village de Kellé, qui est à une quinzaine de kilomètres au nord-ouest de Dellacori, est situé au pied de la falaise de 50 à 60 mètres de haut qui termine le plateau du Koutous. Les grès rougeâtres, à ciment ferrugineux, sont en bancs horizontaux. Par endroits, ils renferment de petits cailloux de roches quartzеuses dont les arêtes sont fortement émoussées. De larges et profondes vallées, aux falaises presque verticales, entaillent ce plateau.

IV. — Résumé Géographique.

Au point de vue topographique, toute la partie du Soudan qui est située à l'est du Niger est peu accidentée.

Partant de plus de 175 mètres, sur les bords du Niger, le sol s'élève insensiblement en allant vers l'est, où il atteint environ 450 mètres dans les pays granitiques du Mounio et du Damagarim.

Presque partout, le sol est recouvert par des sables argileux que coiffe encore, en quelques points, un chapeau de grès ferrugineux.

Ce dernier, qui formait autrefois une nappe continue dans tout le Soudan, a été très fortement entaillé, ainsi que les sables argileux sous-jacents, par les eaux courantes.

Les eaux de pluie qui tombaient alors en grande abondance, lors des tornades, sur ce plateau grésio-ferrugineux, à peine perméable, étaient rejetées dans les vallées et donnaient naissance à des cours d'eau soumis, après chaque orage, à des crues considérables dont on ne peut guère se faire une idée aujourd'hui ; mais on juge de l'importance de leur rôle érosif par les larges et profondes vallées qu'ils ont creusées.

Le plateau ferrugineux a disparu peu à peu, démoli par les eaux de pluie, surtout le, long des berges qu'il formait au-dessus des cours d'eau. Sa surface ayant ainsi diminué, la quantité d'eau recueillie a subi la même diminution.

Dans une seule région, dans l'Adar-Doutchi, entre Tamaské et Bouza, il reste encore un lambeau assez considérable de ce chapeau grésio-ferrugineux. Les eaux qui en descendent donnent naissance, pendant la saison des pluies, à la belle petite rivière temporaire la Majia, qui alimente l'étang de Kalmato, au sud de Konni.

Partout autre part, il ne reste presque plus rien de cette formation grésio-ferrugineuse. Aussi, les rivières ont cessé de couler, les eaux étant absorbées, à mesure qu'elles tombent, par les sables ou les sables argileux qui constituent aujourd'hui, à eux seuls, presque tout le pays.

C'est dans ces sables, formant un vrai réservoir d'eau, que sont creusés les puits ; ils descendent quelquefois à de grandes profondeurs, parfois jusqu'à 70 mètres, comme celui de Banizoumbou.

Une nappe aquifère existe dans ces sables argileux au nord de

Sokoto. C'est elle qui alimente la jolie petite rivière permanente de la Runganda, un affluent du Goulbi, qui débouche dans ce dernier près de Sokoto.

Tout le modelé topographique du paysage est dû à l'action érosive des eaux. Ce sont elles qui ont mis à nu les massifs cristallins de Zinder, du Mounio, du Katséna et du Zamfara, en entraînant les anciens dépôts sablo-argileux qui les recouvraient.

Ce sont elles qui ont isolé et modelé les nombreuses buttes et les nombreux lambeaux de plateaux sablo-argileux, que l'on observe un peu partout dans le Soudan, en les détachant, les uns après les autres, de l'immense nappe sablo-argileuse qui s'étendait sur tout le pays.

La disparition des cours d'eau dans le Soudan tient moins à la faible quantité de pluie qui tombe chaque année qu'à la nature perméable du sol qui absorbe les eaux et ne les rend point.

B. — GÉOLOGIE

Dans ce chapitre, j'étudierai chacune des formations géologiques que l'on rencontre dans les régions soudanaises de la rive gauche du Niger.

Le pays, nous l'avons vu, est presque partout constitué par des formations sablo-argileuses pouvant avoir, par endroits, plus d'une centaine de mètres d'épaisseur.

Au milieu de celles-ci, dans le Damergou et dans l'Adar-Doutchi, sont intercalés des dépôts calcaires fossilifères du Crétacé supérieur.

Enfin, des roches cristallines et cristallophylliennes, formant substratum, affleurent en un certain nombre de points, au milieu de ce puissant manteau de sables argileux. Elles se voient sur les bords du Niger, dans le Zamfara et le Katséna, dans les environs de Zinder et dans le Mounio.

J'étudierai donc successivement le soubassement cristallin de toutes ces régions, puis les dépôts turoniens du Damergou, ensuite les formations maestrichtiennes de l'Adar-Doutchi, et enfin les sables argileux et les grès ferrugineux qui sont si développés dans toutes les régions situées entre ce dernier pays et le Niger.

I. — Soubassement cristallin et cristallophyllien

1. — La vallée du Niger.

Environs de Niamey. — Le poste de Niamey est bâti sur la falaise abrupte qui domine de 25 mètres environ la rive gauche du Niger (fig. 12). Cette falaise est presque entièrement constituée par un granite qui est très kaolinisé. Quelques minces filonnets de quartz,



Fig. 12. — COUPE EST-OUEST DE LA RIVE
DU NIGER A NIAMEY.

1, granite, en général très kaolinisé ; 2, filonnets de quartz ; 3, sables argileux ; 4, blocs de grès ferrugineux.

ayant le plus souvent un à deux centimètres, et orientés est-ouest, sillonnent cette roche altérée.

La falaise est coiffée par des sables argileux, identiques à ceux qui s'étendent à l'est. Son rebord est garni de gros blocs éboulés de grès et de poudingues ferrugineux. Ces blocs sont

souvent mi-partie gréseux et mi-partie poudinguiques. Ce sont les derniers témoins de la formation grés-ferrugineuse qui recouvrait autrefois toute cette partie du Soudan.

A un kilomètre environ au sud de Niamey, la roche altérée, qui forme le substratum, et qui est la continuation de celle de Niamey, est jaunâtre, et ses éléments sont fins. Au nord du poste, sous le village, près du Niger, la roche, quoique très altérée, présente encore une structure granitique assez nette.

Le petit îlot, d'une cinquantaine de mètres de large et d'un kilomètre de long, qui émerge des eaux du Niger, en face de Niamey, possède à son extrémité septentrionale un affleurement de granite. Ce dernier, qui n'est pas altéré, se présente sous la forme de boules rondes s'écaillant par plaques concentriques.

Quelques centaines de mètres plus au nord, au milieu du fleuve, se dresse un autre petit pointement de la même roche.

La vallée du Niger comprise entre Kirtachi et Bikini.

— Entre Kirtachi et Bikini, la vallée du Niger est ouverte dans les quartzites qui constituent l'extrémité septentrionale de la chaîne de l'Atacora. Ces roches, parfois, ne possèdent pas de stratification ; d'autres fois, elles sont en couches horizontales ou en bancs qui plongent vers l'est ou vers l'est-sud-est de quelques degrés à 50°.

Cette formation est sillonnée par de nombreux filons de quartz de quelques centimètres de puissance, ordinairement parallèles, souvent anastomosés entre eux ; parfois le quartz est cristallisé.

D'après M. Hubert [60], le quartz et certaines de ses variétés, les plus communes, sont abondants dans les environs de Kirtachi. Le jaspe rouge est exploité pour la parure. On l'extrait par des galeries dans lesquelles on pénètre au moyen de puits pouvant avoir de 25 à 30 mètres de profondeur.

En aval de Bikini, après sa sortie de la chaîne quartziteuse de l'Atacora, le lit du Niger est ouvert dans des formations gréseuses et sablo-argileuses que surmonte un chapeau de poudingue à ciment ferrugineux.

En un point, à Sanafina, j'ai vu le substratum de ces formations détritiques.

Sanafina. — A Sanafina, qui est à une dizaine de kilomètres au nord de Karimama, sur la rive gauche du Niger, tout près du fleuve, j'ai trouvé un petit affleurement de roches cristallines et schisto-cristallines qu'il est intéressant de signaler pour ces régions où il n'existe que des formations détritiques.

Ces roches forment un petit ressaut, en partie masqué par les éboulis, à la base de l'avancée de la falaise, d'une trentaine de mètres de haut, qui fait face à Sanafina, de l'autre côté d'un marigot.

La plus grande partie de l'affleurement, vers l'extrémité septentrionale, est constituée par du gneiss amphibolique, probablement un orthogneiss. Viennent ensuite des roches cristallophylliennes très altérées, paraissant être des gneiss ou des micaschistes, et plongeant vers l'est d'une dizaine de degrés, puis des pegmatites et, enfin, des aplites, tout à fait à l'extrémité orientale (fig. 39).

L'*aplite* ne présente aucune particularité bien intéressante. Son quartz a la forme habituelle avec extinction un peu roulante. Les feldspaths appartiennent à l'orthose et à l'oligoclase et englobent parfois quelques petits grains de quartz. La muscovite est rare, et en très petits cristaux, tandis que la biotite est plus abondante et en cristaux plus grands. Elle possède, en outre, quelques petits grains

de sphène et d'épidote. Enfin, quelques petites plages de la roche sont constituées par des micropegmatites.

Le gneiss amphibolique forme un petit escarpement d'une dizaine de mètres de hauteur. Il a une légère tendance à se montrer un peu schisteux, surtout dans ses couches supérieures. Même dans sa masse, il possède de nombreuses bandes, de quelques centimètres d'épaisseur, qui ont une structure rubannée avec prédominance des éléments blancs.

De petits filons de quartz réguliers sillonnent la masse de cette roche grenue. Ce gneiss amphibolique est à grain moyen avec légère tendance à la schistosité, surtout sur le bord du massif. Il forme une roche noire avec taches blanches assez clairsemées.

Les cristaux de quartz sont ordinairement petits, assez rares et très irréguliers.

Les feldspaths sont abondants. Ce sont de grandes plages d'oligoclase s'éteignant de 5° à 6° des plans de macles. Beaucoup d'entre eux englobent de la zoïzite et de l'augite, tandis que quelques-uns sont enveloppés par de la hornblende.

Il existe de grandes lames déchiquetées de biotite. La hornblende commune est plus abondante que la biotite; elle est légèrement colorée en vert, et à peine polychroïque, avec maximum de coloration suivant n_g .

De petits cristaux de diopside-augite, ordinairement très nets, abondent dans la roche. Ils sont parfois enveloppés par des feldspaths et par de la biotite. Quelques-uns sont maclés.

De la zoïzite, en baguettes allongées, parfois effilées, souvent maclées, est englobée dans les feldspaths. Elle est ordinairement orientée suivant les clivages des feldspaths; parfois elle est disposée sans ordre. Elle est reconnaissable à sa couleur de polarisation bleu clair et à son extinction longitudinale.

Enfin la roche possède quelques petits grains de sphène et d'épidote.

Les bandes blanchâtres, de quelques centimètres d'épaisseur, qui sont intercalées dans ce gneiss amphibolique, et qui sont vaguement rubannées, sont de véritables gneiss. Leur quartz a la forme habituelle.

Presque tous les feldspaths sont des orthoses; quelques-uns seulement appartiennent à l'oligoclase. Ils sont très abondants, et ce sont eux qui donnent à la roche sa couleur blanchâtre.

Les cristaux de biotite ne sont pas nombreux et ils sont ordinairement petits. La plus grande partie d'entre eux sont vaguement orientés

dans le même sens ; quelques-uns cependant sont disséminés sans ordre.

Cette variété de gneiss se distingue du précédent, qui l'enveloppe, par l'absence des éléments noirs (amphibole et pyroxène) qui colorent si fortement ce dernier, et par l'absence de la zoïzite.

2. — Zamfara.

Le Zamfara, qui fait partie de la Nigéria anglaise, est compris entre le Sokoto à l'ouest, et le Katséna à l'est. C'est un des massifs cristallins les plus étendus du Soudan méridional.

Le Zamfara est une contrée légèrement surélevée où prennent naissance plusieurs des affluents du Goulbi.



Fig. 13. — COUPE EST-OUEST A TRAVERS LE ZAMFARA.

- 1, roches cristallophylliennes ; 2, granite ; 3, granulite ; 4, pegmatite ;
5, sables argileux.

Je l'ai traversé de l'ouest à l'est, un peu au sud du parallèle de Sokoto à Katséna, le long du chemin qui conduit de la première de ces villes à la seconde.

Sur l'itinéraire que j'ai suivi (fig. 13), les roches cristallines ou cristallophylliennes affleurent partout. Je n'ai pas eu le temps de constater si elles s'étendent bien loin vers le nord et vers le sud.

A Farou, qui est sur le bord occidental du massif cristallin du Zamfara, c'est du granite ordinaire à grain moyen que l'on observe. A l'est de ce village, ce granite forme de grosses buttes de 20 à 30 mètres de haut.

Vers l'ouest, les granites sont surmontés par des sables argileux. Ceux-ci, d'après le capitaine Tilho, se continuent jusqu'à Sokoto où je les ai étudiés.

Jusqu'à Rouma, en passant par Boko, Canwa, Zourmi, Dambourou, sur près de 120 kilomètres, ce sont des alternances de roches cristallophylliennes et de roches granitiques, granite, principalement, granulite et aplites, quelquefois filons de pegmatite injectés dans la roche cristallophyllienne.

Vers Boko, ce sont des micaschistes assez nets. Sous Zourmi, la roche cristallophyllienne est un gneiss qui renferme par endroits des nodules de quartz.

Le village de Bounga, qui est à quelques kilomètres à l'est de Zourmi, est bâti sur un pointement de granulite faisant saillie au milieu de ces roches cristallophylliennes très altérées.

Dans les environs de Dambourou et de Rouma, le granite est à grands éléments ; il se décompose en grosses boules rondes souvent accumulées les unes sur les autres.

Au nord-est de Zourmi jusqu'à Rorouka, on observe la même constitution ; les petites buttes situées à côté de Fiaou sont en granulite. Vers le nord-ouest, en allant à Diouki, c'est toujours le même aspect.

Dans cette région, tout le long de la frontière, le capitaine Vignon m'a dit qu'il existe de nombreux affleurements de roches cristallines.

3. — Katséna.

Dans la traversée ouest-est du sultanat de Katséna (fig. 14), j'ai observé à peu près partout des affleurements de granite. Je ne sais si cette roche se développe très loin au nord et au sud de la route que j'ai suivie.

De la vallée du Goulbi n'Maradi, à côté de Rouma, jusqu'à Barraoua, qui est à quelques kilomètres avant Katséna, le granite à grands éléments se montre partout. En de nombreux points, cette roche se présente sous la forme de gros blocs ronds qui sont souvent juchés les uns sur les autres.

La large vallée, d'une quinzaine de mètres de profondeur, au fond de laquelle se trouve la ville de Katséna, est en partie comblée par des alluvions. Dans les fossés de la ville, j'ai observé des grès sableux, à stratification entre-croisée et possédant parfois de petits graviers. En montant de la ville à la Résidence, on rencontre plusieurs petits niveaux de cailloux roulés qui affleurent au milieu des sables.

A quelques kilomètres au delà de Katséna, le granite à grands éléments reparaît de nouveau ; il est identique à celui qui existe à Barraoua.

A partir de Modourou, les sables argileux, passant parfois à des grès, recouvrent tout le pays. Ce n'est qu'en quelques points, à travers ces dépôts détritiques que l'érosion a entraînés, qu'on voit apparaître le soubassement granitique. A Machi, le granite à grands éléments forme un très bel affleurement au milieu de ces sables.

Les roches granitiques, à Daoura, se voient encore dans les fossés de la ville, mais elles sont très altérées et presque méconnaissables. Cependant, un puits creusé à quelques kilomètres plus loin a atteint les roches granitiques, et dans les déblais qui en ont été retirés, on reconnaît tous les éléments de ces roches.



Fig. 14. — COUPE EST-ouest A TRAVERS LE KATSÉNA.

1, granite; 2, grès et sables argileux; 3, graviers et alluvions.

A partir de là, en me rendant à Dungass, je n'ai plus vu affleurer le soubassement cristallin. Partout le sol est recouvert par des sables argileux, dont l'épaisseur est parfois assez grande, si l'on en juge par la profondeur des puits.

4. — Environs de Boukoudou.

Dans le sud-ouest du Damagarim, en territoire anglais, entre ce sultanat et ceux de Daoura et de Kazaouré, le vaste manteau de sables qui s'étend sur tout le centre de l'Afrique, laisse affleurer son substratum en un certain nombre de point.

Ce dernier apparaît sous la forme de buttes, ou de petits massifs, qui dominent d'une centaine de mètres, au maximum, la plaine environnante (fig. 15).

Presque toutes ces buttes forment une grande traînée, d'une trentaine de kilomètres de long, qui part de Boukoudou au nord-est pour s'arrêter aux environs de Kazaouré au sud-ouest. Dans sa partie septentrionale, cet alignement est accompagné au sud-est par une autre petite traînée de quelques buttes, et au nord-ouest par un petit massif, plus ou moins découpé en petits mamelons.

Je n'ai visité que la partie septentrionale de cette région, dans le voisinage immédiat de Boukoudou.

Entre cette première petite traînée de buttes et la traînée principale, il existe une ancienne vallée, en partie ensablée, où des mares temporaires s'établissent pendant quelque temps durant la saison des pluies.

La butte au pied de laquelle est situé le village de Boukoudou est la plus élevée de tout le groupe et de toute la région : elle mesure une centaine de mètres de haut. Elle est formée par une roche cristallophyllienne très altérée, dont les feuillets, orientés nord-est-sud-ouest, sont redressés presque verticalement. Deux autres petites buttes, situées de l'autre côté du village, ont même constitution.

Le petit mamelon, de forme conique, d'une centaine de mètres de haut, qui se dresse au sud du village de Daja, est constitué par des



Fig. 15. — COUPE NORD-OUEST-SUD-EST PASSANT PAR BOUKOUDOU.

1, micaschiste ; 2, granite ; 3, quartz ; 4, quartzite ; 5, sables argileux.

roches granitiques. Sa base du côté oriental est formée par du granite à grain moyen, tandis que le sommet et le flanc occidental sont en granulite. Ce petit pointement est le seul de son espèce.

Le massif qui se trouve à 5 kilomètres au nord-ouest de Boukoudou a une quarantaine de mètres de hauteur, au maximum. Il est découpé en un grand nombre de petits mamelons. Ceux que j'ai examinés dans la partie centrale du massif sont formés par des quartzites.

5. — Damagarim.

Généralités. — Le soubassement des formations sablo-argileuses ou sableuses, qui sont si abondantes dans le Soudan, apparaît dans la partie nord et nord-est du Damagarim.

Nous avons vu que des roches granitiques et que des quartzites forment trois massifs dans cette région, le massif granitique de Zinder et les deux massifs quartziteux d'Alberkaram et d'Illéla.

Ces massifs ont déjà été décrits au point de vue géographique. Nous allons les étudier au point de vue géologique.

Les roches cristallines de la région de Zinder. Historique. — Les roches cristallines variées, les premières que l'on rencontre en allant du Niger au Tchad, qui existent à Zinder et en de nombreux points, sur un rayon d'une cinquantaine de kilomètres,

autour de cette ville, émergent soit au milieu des sables comme à Zinder, et à l'ouest et au sud de Zinder, soit entre les massifs de quartzites qui se dressent au nord-est et au sud-est de cette ville.

Avant moi, on avait déjà rapporté des roches de la région de Zinder : c'était d'abord la mission Foureau, puis la mission Moll, ensuite M. Chudeau et enfin M. Freydenberg.

M. Lacroix [66], qui a étudié les roches recueillies par la mission Moll, cite pour la région de Zinder, des aplites, des pegmatites et des granites à ægyrine et à riebeckite.

MM. Foureau et Gentil [36] constatent que le granite, rapporté par l'un d'eux, et qui forme le massif cristallin de Zinder même, est à riebeckite et à ægyrine.

Peu de temps après, M. Gentil [51] fait l'étude de ce granite et décrit un trachyte quartzifère que M. Foureau avait recueilli dans une carrière au sud-est de la ville.

M. Chudeau ne cite aucune roche nouvelle, mais, dans la carte géologique schématique qu'il donne de la région de Zinder [19], il indique que les roches cristallines signalées autour de cette ville s'étendent vers l'ouest jusqu'à Tirmini, sur plus de 20 kilomètres, et qu'elles se prolongent vers le nord dans la direction d'Ouamé. Il figure plusieurs affleurements de roches granitiques qu'il a observées à plus de 60 kilomètres au nord-est de Zinder, sur le chemin du Koutous, à Bouadir et à Karoaram.

Enfin, le capitaine Freydenberg recueille des roches à Dambéda, à une trentaine de kilomètres à l'ouest de Zinder, plus loin encore que Tirmini. En collaboration avec M. Gentil [53], il reconnaît que ces roches appartiennent à du granite à riebeckite et à ægyrine et qu'elles se rapprochent de celui de Zinder. Dans sa thèse [42, p. 173], il en fait l'étude minéralogique.

Le même officier observe en outre l'existence de plusieurs pointements de roches de part et d'autre de Zinder, et il signale notamment du granite à deux micas et à microcline à l'est de cette ville, entre celle-ci et Zermo.

Avant mon voyage au Soudan, on savait donc comme faits précis que le granite qui est à Zinder et à Dambéda est à riebeckite et à ægyrine, qu'un granite à deux micas existe à l'est de Zinder, et que du trachyte quartzifère se trouve au sud-est de cette ville, au fond d'une carrière ouverte dans les granites.

Ayant parcouru la région de Zinder dans presque tous ses sens, j'ai pu en faire une étude plus complète que mes devanciers [46].

Aux observations qu'ils avaient déjà faites, et que je vais préciser, j'ai pu en ajouter un certain nombre d'autres :

1° J'ai constaté que la partie occidentale du massif cristallin qui s'étend à l'ouest de Zinder, entre cette ville et Tirmini, est constituée non par du granite comme la partie orientale, mais par du microgranite;

2° A côté de Zinder même, tout près du coin sud-est de l'enceinte fortifiée, j'ai découvert un filon de grorudite qui est une roche nouvelle pour le centre de l'Afrique;

3° En de nombreux points, et parfois sur d'assez vastes espaces, j'ai observé l'existence de granites variés au milieu des massifs de quartzites, précédemment décrits, qui se dressent au nord-est et au sud-est de Zinder, et dans la zone plane qui s'étend entre ceux-ci;

4° A Kandari, à 6 ou 7 kilomètres au sud-est de Zinder, j'ai rencontré, au milieu des sables, un affleurement de gneiss à pyroxène;

5° Enfin, plus loin, près de Kamsoua, entre Mirria et Illéla, j'ai observé de l'aplite.

Distribution des roches de la région de Zinder. — Les roches variées que je viens de citer pour Zinder et ses environs, bien qu'appartenant à une formation cristalline continue, ne se montrent que par lambeaux, au milieu des sables et des formations sablo-argileuses (et parfois quartziteuses) qui sont si développées dans tout le Soudan (fig. 16).

1° Elles forment d'abord à Zinder même et à l'ouest de cette ville un vaste massif qui mesure plus de 20 kilomètres est-ouest, sur environ 10 kilomètres de large et près de 50 mètres de haut au maximum (fig. 17).

Toute la partie occidentale de ce massif cristallin, celle qui s'étend sous Zinder, et sur une certaine étendue à l'ouest de cette ville, est constituée par du *granite alcalin*.

Cette roche forme le socle qui supporte le fort Cazemajou, le gros dôme, aux flancs nus, qui occupe toute la partie nord-ouest de Zinder et les blocs arrondis, parfois assez volumineux, qui existent dans toute la partie occidentale de la ville. Ce granite, qui est à grands éléments, se décompose facilement en une arène sableuse dont les débris se mélangent aux sables environnants. Ce sont des noyaux de cette roche qui ont donné naissance aux nombreux blocs ronds que l'on voit, isolés ou accumulés en maints endroits, à la surface du sol.

Toute la partie occidentale de ce même massif de Zinder est en *microgranite*. Ce dernier forme plusieurs petites buttes qui se dressent à l'est, au sud-est et au sud de Tirmini. En plusieurs points, cette roche s'est écaillée en boules rondes qui émergent parfois à peine au

milieu des sables et des sables argileux qui recouvrent presque tout le pays.

2° L'affleurement de granite alcalin de Dambéda, mesure de 3 à 4 kilomètres de côté. Au sud de ce village, il forme de petites buttes, ou de petits mamelons aux sommets arrondis, qui parfois sont coiffés de gros blocs de la même roche.

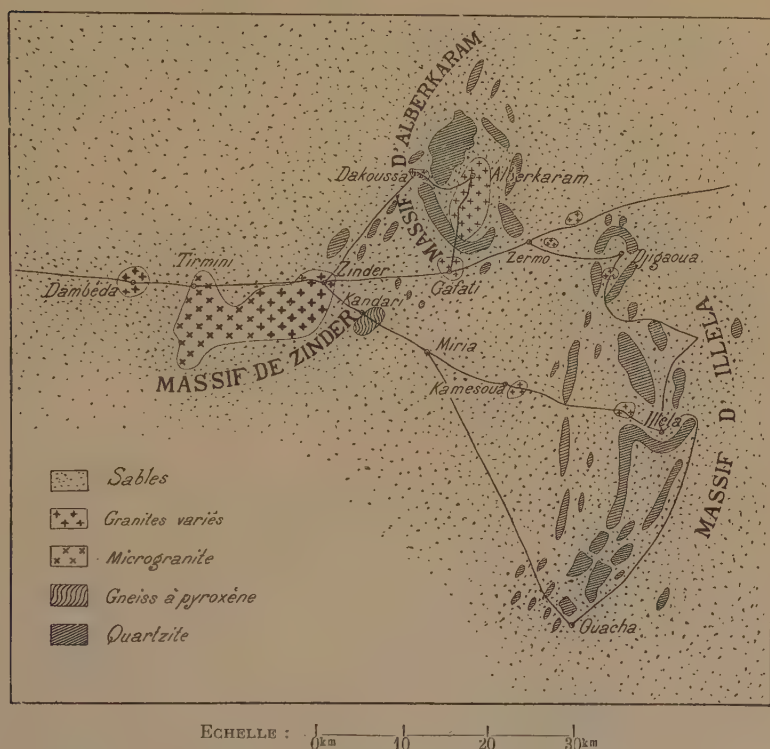


Fig. 16. — CARTE GÉOLOGIQUE DU NORD-EST DU DAMAGARIM.

3° Le petit filon de grorudite que j'ai découvert à côté des carrières, ouvertes dans le granite, au sud-est de Zinder, mesure 10 centimètres de large. Il n'est visible que sur une trentaine de mètres de long environ et il est orienté nord-est-sud-ouest. Cette roche, à pâte compacte et à couleur vert foncé ou bleu foncé, apparaît très nettement au milieu des granites qu'elle traverse.

4° Du granite ordinaire, à grain moyen, affleure en de nombreux points, et sur d'assez vastes espaces, entre les buttes et les traînées de buttes de quartzite qui se dressent au nord-est de Zinder.

Cette roche se voit sur 6 à 7 kilomètres dans tout le fond de la vallée sèche, en partie ensablée, qui s'ouvre à l'est de Dakoussa. D'après les renseignements de l'officier interprète Landeroïn, elle existe également, avec le même aspect, dans une autre vallée sèche, qui est un peu plus au sud, à l'est de Dalladi.

Dans le fond de la large dépression, en forme d'amphithéâtre, qui s'ouvre à l'est de Dakoussa, au milieu des quartzites, et dont Alberkaram occupe le bord septentrional, le même granite s'observe à peu près partout. Ce sont ordinairement de gros blocs ronds, tantôt isolés, tantôt accumulés les uns sur les autres, émergeant au milieu des sables.

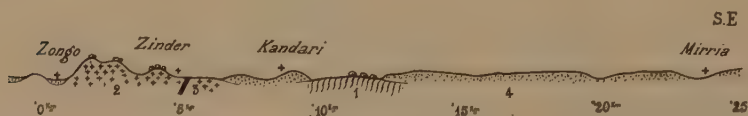


Fig. 17. — Coupe nord-ouest-sud-est de ZINDER A MIRRIA.

1, gneiss à pyroxène; 2, granite à ægyrine et à amphibole sodique; 3, grorudite; 4, sables.

À l'opposé d'Alberkaram, vers Kaerda, le granite arrive à mi-côte de l'arête de 60 à 80 mètres qui limite la dépression en cet endroit. Des quartzites en forment la partie supérieure (fig. 11).

Le granite se poursuit plus au sud. Il forme plusieurs buttes dans la vallée qui s'ouvre de l'autre côté de Kaerda. Puis il émerge au milieu des sables jusqu'à plus d'un kilomètre au sud de Gafati. Et c'est dans du granite altéré qu'a été creusée la fosse qui existe à côté de la case des passagers de ce village.

5° Dans les environs de Zermo, dans la région comprise entre les deux massifs de quartzite qui se dressent au nord-est et au sud-est de Zinder, et dont nous avons déjà parlé, le granite émerge encore en plusieurs points au milieu des sables.

Un premier dôme de cette roche existe à 1.500 mètres environ à l'est de Zermo, un peu au sud de la route de Gouré. Il mesure environ 150 mètres de long, 50 mètres de large et une quinzaine de mètres de haut.

Un autre dôme, ayant à peu près la même hauteur, s'observe à 6 ou 7 kilomètres plus loin.

Dans ces deux pointements, le granite est à grands éléments et il s'écaille par plaques concentriques de 20 à 30 centimètres d'épaisseur.

6° A l'ouest d'Illéla, dans le fond de la large entaille, représentant une ancienne vallée, qui coupe en deux le massif de quartzite de cette partie du Damagarim, le granite affleure au milieu des sables, sur un espace de 1 à 2 kilomètres de côté. Il s'y présente sous la forme de blocs ronds, ou de petits mamelons aux sommets arrondis.

Le granite se montre encore dans ce même massif, toujours entre des buttes de quartzite et à la base de celles-ci, à un kilomètre au sud de Djigaoua, sous le village de Dadori (fig. 18), où de gros blocs arrondis de cette roche sont empilés les uns sur les autres et forment des amas de plus de 10 mètres de haut.

La même roche émerge également à quelques kilomètres à l'ouest de Djigaoua, au milieu des sables, entre les buttes de quartzite, dans le fond du col que franchit le chemin menant de ce village à Zermo.



Fig. 18. — COUPE EST-ouest PASSANT PAR DADORI.

1, granite ; 2, quartzite ; 3, sables.

7° L'affleurement de roches cristallines, de quelques kilomètres de côté, qui existe à Kandari, à 7 ou 8 kilomètres de Zinder, est formé par du gneiss à pyroxène. Le sommet du petit massif paraît constitué par de l'aplite à structure micropegmatique.

8° L'aplite de Kamsoua ne se montre que sur un petit espace au milieu des sables.

L'étude minéralogique de ces roches de la région de Zinder sera faite dans la troisième partie de cet ouvrage.

Les deux petites buttes de 15 à 20 mètres de haut qui se dressent à 500 mètres environ au sud-ouest de Zinder, en plein paysage granitique, possèdent à leur sommet une roche blanchâtre au milieu de laquelle se détachent des cristaux de quartz gris vitreux. On ne voit aucune trace de feldspath ni d'éléments colorés (mica ou amphibole) qui puissent indiquer que l'on est en présence d'un granite.

Cette roche englobe une masse compacte rougeâtre que l'on prendrait à l'œil nu pour une rhyolite.

En certains points, sur de petits espaces, les deux roches sont mélangées, brassées ensemble.

Au microscope, on constate que la roche englobante est un grès dont les grains de quartz n'ont pas été roulés. La roche englobée, elle aussi, est constituée presque totalement par une pâte amorphe différant peu de la précédente ; par contre, elle possède une grande quantité de petits fragments bréchiformes de quartz, visibles au microscope seulement ; elle renferme aussi quelques petits grains de zircon reconnaissables à leur très grande réfringence.

Sur l'âge des roches granitiques de la région de Zinder. — Il n'est pas possible de déterminer l'âge précis des roches granitiques de la région de Zinder.

Cependant, on peut affirmer qu'elles ne sont pas tertiaires, comme le pense M. Chudeau [22, p. 266], ni cétaquées supérieures, mais qu'elles sont bien plus anciennes.

Les granites du massif de Zinder (fig. 19) ne se sont pas injectés dans les sables et les sables argileux qui les surmontent de toutes parts, mais ce sont les granites qui ont été recouverts par les formations détritiques.

Plusieurs des petites buttes gréseuses qui existent à l'ouest de Zinder, le long de la route de Tessaoua, reposent directement sur le



Fig. 19. — COUPE EST-OUEST DE ZINDER A DAMBÉDA.

1, granite ; 2, microgranite ; 3, sables argileux.

granite. Leurs assises sont horizontales et ne présentent aucune trace de dérangement ; elles se sont donc déposées directement sur le granite, c'est-à-dire postérieurement à la mise en place de ce dernier.

La butte, d'une soixantaine de mètres de haut, qui se trouve à l'ouest de Tirmini et qui est constituée à la base par des sables argileux, plus ou moins compacts, et au sommet par des grès ferrugineux assez durs, repose sur du microgranite.

Ces mêmes formations sédimentaires se poursuivent très loin vers l'ouest avec les mêmes caractères. C'est dans les parties dégagées par l'érosion qu'affleure le granite alcalin Dambéda.

Quant aux granites que nous avons signalés au milieu des massifs de quartzites situés au nord-est et au sud-est de Zinder, ils sont toujours surmontés par ces quartzites. Si ces derniers, qui sont des roches d'origine métamorphique, étaient siluriens, ainsi que le croit M. Chudeau, les granites seraient donc aussi de cet âge (fig. 11).

Quoi qu'il en soit, sans pouvoir assigner aux granites du massif de Zinder un âge fixe, on peut cependant affirmer qu'ils ne sont pas tertiaires, et qu'ils sont antérieurs aux grès et aux sables argileux du crétacé supérieur qui les recouvrent encore en de nombreux points.

6. — La région granitique du Mounio.

Historique. — La petite région naturelle du Mounio (fig. 20) constitue, au point de vue géologique, une province pétrographique

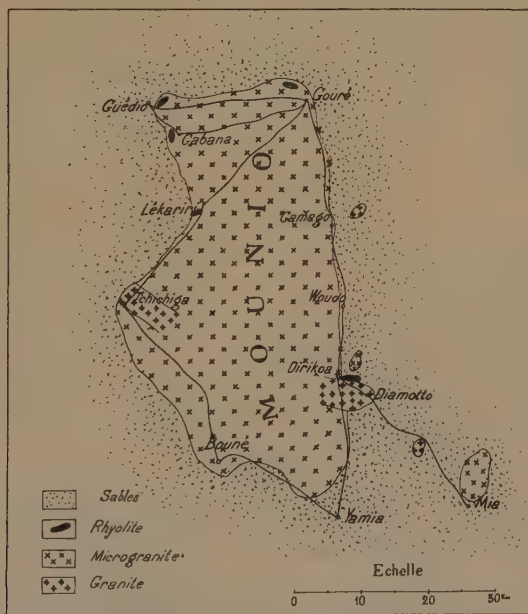


Fig. 20. — CARTE GÉOLOGIQUE DU MOUNIO.

très nette, caractérisée par des roches alcalines, c'est-à-dire riches en potasse et en soude.

On avait déjà quelques indications sur le Mounio. M. Lacroix [66]

avait fait l'étude du microgranite de Gouré rapporté par la mission Moll. Le capitaine Freydenberg [42, p. 174] avait étudié la rhyolite de Gabana. Enfin, M. Chudeau [22, p. 265] avait signalé, à côté de Gouré, le contact du microgranite avec des roches schisto-cristallines, d'origine métamorphique, et il avait considéré la première de ces roches comme étant venue au jour à l'époque tertiaire.

A la fin de 1907, j'ai exploré le Mounio dans presque tous les sens.

1° J'ai constaté [46] que le microgranite, à lui seul, constitue la plus grande partie du massif du Mounio.

2° En outre du pointement de rhyolite de Gabana, déjà signalé par M. Freydenberg, j'ai observé plusieurs autres gisements de cette roche et j'ai étudié les relations qui existent entre elle et le microgranite.

3° Enfin, j'ai trouvé des granites sur d'assez vastes espaces du Mounio, dans les environs de Tchitchiga, à l'ouest, et dans ceux de Dirikoa, à l'est.

L'existence de cette dernière roche montre que le Mounio possède les trois types structurels d'un même magma granitique représenté par du granite, par du microgranite et par de la rhyolite.

Les roches du Mounio, vu leurs caractères particuliers, tenant à leur composition chimique et à leur structure minéralogique, seront étudiés au chapitre Pétrographie, avec celles de la région de Zinder.

Pour le moment, je me bornerai à décrire les points les plus intéressants du Mounio, ceux où les différents types de roches se trouvent associés ensemble, deux ou trois à la fois.

Extrémité nord-est du Mounio. Massif rhyolitique. —

Les deux petits massifs (fig. 21) émergeant des sables, qui se trouvent, à l'extrémité nord-est du Mounio, à 4 kilomètres environ de Gouré, dans l'angle compris entre le chemin qui va à Kellé, dans le Koutous et celui qui conduit à Wouschek, de l'autre côté du Mounio, sont intéressants par l'association du microgranite et de la rhyolite qu'ils possèdent, deux types structurels d'un même magma, et par les rapports que ces roches présentent entre elles (fig. 22).

La butte la plus septentrionale a la forme d'un immense dôme très surbaissé, allongé nord-ouest-sud-est, de plus de deux kilomètres de tour. Des ravins, qui l'entaillent sur ses flancs et sur son sommet, l'ont découpée en plusieurs petits mamelons très solidement reliés les uns aux autres. Elle est constituée en entier par de la rhyolite.

Les deux petites plate-formes qui se trouvent à son extrémité nord-est et à la base de son bord septentrional, et la petite apophyse

qui la prolonge à son extrémité nord-ouest, sont constituées par du microgranite.

La deuxième butte qui nous occupe est située à quelques centaines de mètres au sud-ouest de la précédente. Elle a la forme d'un triangle rectangle, de plusieurs kilomètres de tour, dont le sommet de l'angle droit serait tourné vers le nord-est.

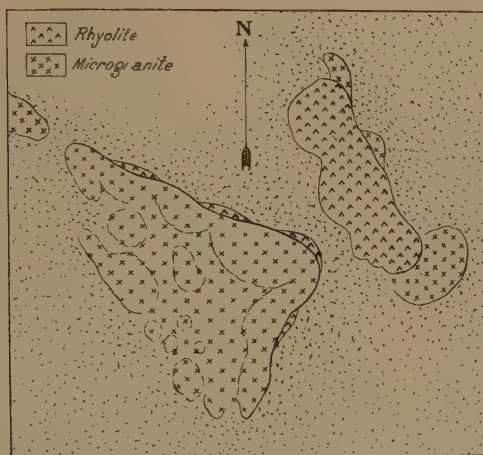


Fig. 21. — CARTE GÉOLOGIQUE DE L'EXTRÉMITÉ NORD-EST DU MOUNIO.

Ses arêtes septentrionale et orientale, hautes de 60 à 80 mètres, sont à peu près abruptes et recouvertes d'abondants blocs éboulés.

Sauf vers l'extrémité occidentale, la rhyolite affleure à la base de toute la falaise qui fait face au nord. Partout elle atteint à peu près le même niveau et presque partout elle forme un entablement.



Fig. 22. — COUPE NORD-EST-SUD-OUEST A TRAVERS LE MASSIF SITUÉ A L'EXTRÉMITÉ NORD-EST DU MOUNIO.

1, microgranite ; 2, rhyolite ; 3, sables.

Elle se présente sous la forme de bancs, plus ou moins lités, qui plongent de 10° à 15° vers le sud. Aussi, plus au sud, tout à fait à la base du flanc oriental de cette butte, au milieu des éboulis,

en un endroit que les eaux de ruissellement, descendues de la falaise, avaient dégagé, j'ai également observé cette même roche.

Ici, à l'encontre de ce que nous avons constaté pour la butte septentrionale, la rhyolite est surmontée par du microgranite. Ce dernier, à la cassure esquilleuse, forme le sommet et les arêtes de la butte.

Dans le voisinage de la rhyolite, le microgranite est très riche en aiguilles d'ægryne et a une teinte bleu noir foncé. Un peu plus loin, il possède une couleur plus claire.

La rhyolite qui forme toute la butte septentrionale et celle qui s'enfonce sous la butte méridionale appartiennent à une même masse de roche injectée dans les microgranites.

La large échancrure, envahie par les sables, qui les sépare et qui semble en faire deux masses isolées, a été ouverte par l'érosion.

Extrémité nord-ouest du Mounio. Affleurement rhyolitique de Guédio. — Au nord-ouest, le Mounio se termine par un vaste et puissant massif, le plus volumineux certainement de toute cette région.

Les eaux de ruissellement l'ont découpé en un grand nombre de mamelons, encore solidement accolés les uns aux autres.

Ce massif possède probablement le point culminant du Mounio. Mais dominant de 150 mètres à peine la plaine environnante, il ne mérite pas le nom de mont qui lui a été donné.

Sur toute sa bordure septentrionale, il est entouré par des sables que les vents du nord-est y ont accumulés. Par contre, sa bordure

occidentale, face à Guédio, qui est abritée, est à peu près complètement dégagée.

Cette partie nord-ouest du Mounio, tout comme l'extrémité nord-est, présente une association du microgranite et de la rhyolite.

Tout près du village de Guédio, la rhyolite s'observe presque jusqu'à mi-hauteur du flanc septen-

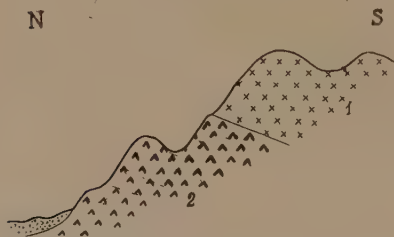


Fig. 23. — COUPE NORD-SUD A TRAVERS LE MASSIF SITUÉ AU NORD-OUEST DU MOUNIO, PRÈS DE GUÉDIO, 1, microgranite ; 2, rhyolite.

trional du gros massif de microgranite qui forme l'extrémité nord-ouest du Mounio (fig. 23).

Le petit éperon, d'une cinquantaine de mètres de haut, qui se trouve à la base de ce massif et qui s'avance vers le nord au milieu des sables, est constitué en entier par cette même roche.

La rhyolite est un peu litée et plonge de quelques degrés vers le sud, où elle ne tarde pas à disparaître sous les microgranites.

Les deux petits pointements qui émergent à peine des sables, à 200 ou 300 mètres à l'ouest de ce dernier, sont aussi constitués par la même roche.

Dans les environs de Guédio, comme dans le nord-est du Mounio, tout près de Gouré, la rhyolite s'est fait jour à travers le microgranite, car, au moment de sa sortie, elle a englobé un grand nombre de petites enclaves de cette roche.

Environs de Gabana. Pointements rhyolitiques. — Vers Gabana, sur le bord occidental du Mounio, à une dizaine de kilomètres au sud de Guédio, les buttes granitiques ont de 60 à 80 mètres de haut.

Au nord du chemin qui va de Zinder à Gouré, ces buttes sont souvent réunies plusieurs ensemble pour former de petits massifs.

Au sud, au contraire, elles sont ordinairement isolées les unes des autres et très irrégulièrement disposées.



Fig. 24. — Coupe EST-OUEST A TRAVERS LE MASSIF CRISTALLIN DU MOUNIO.

1, roches schisto-cristallines ; 2, microgranite ; 3, rhyolite ; 4, sables.

A Gabana, on trouve une association du microgranite et de la rhyolite (fig. 24). C'est ici, du reste, que la rhyolite a été signalée pour la première fois dans le Mounio par le capitaine Freydenberg.

La plupart des buttes et des petits massifs des environs de Gabana sont formés par du microgranite. Cette roche se montre partout, de Gabana à Gouré, dans la traversée du Mounio. Et ses nombreux blocs ronds, isolés ou accumulés les uns sur les autres, donnent à la région l'aspect des paysages granitiques.

A Gabana, la rhyolite forme plusieurs dykes ou pointements qui se sont fait jour à travers le microgranite.

Certains d'entre eux, parfois assez puissants, notamment celui qui est à l'ouest de Gabana, constituent les points culminants de la région.

Environs de Lekariri et de Tchitchiga. Granite, microgranite et rhyolite. — Plus au sud, vers Lekariri et Tchitchiga, toujours sur le bord occidental du Mounio, l'aspect du paysage est

à peu près le même. Là, comme à Gabana, il existe de nombreuses buttes, de 60 à 80 mètres de haut, qui sont constituées les unes par du microgranite et quelques autres par de la rhyolite.

Des granites à ægyrine, c'est-à-dire des granites alcalins, émergent en un assez grand nombre de points, au milieu des sables, au sud de Lekariri, entre ce village et celui de Tchitchiga, et dans les environs de cette dernière localité. Le manque de temps ne m'a pas permis de délimiter leurs affleurements.

Environs de Dirikoa. Association du granite, du microgranite et de la rhyolite. — A Dirikoa, qui est situé presque au sud-est du Mounio, il existe les trois types structurels des roches granitiques : granite, microgranite et rhyolite (fig. 25).

1° Toute la région déprimée, en partie ensablée, qui s'ouvre au sud de Dirikoa, est constituée par du granite. Cette roche affleure en de nombreux points au milieu des sables, soit à l'état massif, soit sous forme de gros blocs ronds isolés ou accumulés les uns sur les autres.

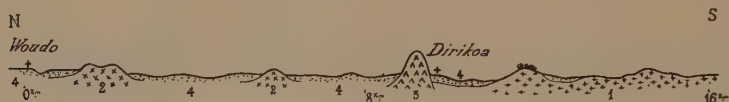


Fig. 25. — COUPE NORD-SUD PASSANT PAR DIRIKOA.

1, granite ; 2, microgranite ; 3, rhyolite ; 4, sables dunaires.

Le granite s'étend vers l'ouest. Il se continue peut-être avec celui observé à Tchitchiga. Je n'ai pas eu le temps de le vérifier.

Vers l'est, le granite à grands éléments se poursuit très loin. Les buttes situées autour du village de culture de Diamotto, à 5 ou 6 kilomètres au sud-est de Dirikoa, en sont formées ; certaines d'entre elles ayant la forme de dômes, aux sommets arrondis, s'écaillent par plaques concentriques assez épaisses ; d'autres ont leurs sommets couverts de blocs arrondis de cette même roche. Là, c'est l'aspect très net des paysages granitiques.

Les deux buttes, d'une cinquantaine de mètres de hauteur, qui se dressent entre l'extrémité sud-est du Mounio et le massif de Mia, au milieu des sables, sont aussi formées par du granite. Ce dernier, qui est à éléments moyens, se décompose en boules et s'écaille par plaques concentriques.

D'après les échantillons que j'ai rapportés, les deux buttes qui existent à 5 ou 6 kilomètres à l'est de Gamago, au milieu de la plaine sablonneuse, sont également en granite.

Toute la région qui environne le village de Dirikoa, possède donc, comme nous venons de le voir, de nombreux affleurements de granite.

2° Le microgranite avec ses caractères ordinaires se développe très largement au nord et nord-ouest de Dirikoa.

3° Les buttes formant une traînée est-ouest, de 80 à 100 mètres de haut, complètement isolées au milieu de la plaine, qui se dressent immédiatement à l'est de Dirikoa, sont constituées par de la rhyolite.

Des sables entourent ces pointements rhyolitiques sur tout leur pourtour. Aussi, il ne m'a pas été possible de constater si ces derniers se sont fait jour au milieu des granites, que l'on voit un peu partout au sud, au sud-ouest, et au sud-est, ou à travers les microgranites qui existent au nord et au nord-ouest. Je n'ai pas eu la chance, non plus, d'observer des enclaves qui m'auraient renseigné à ce sujet.

Le petit *massif de Machéna* qui se dresse à une trentaine de kilomètres au sud du Mounio, dans la Nigéria anglaise, est formé par un granite identique à celui des environs de Dirikoa, d'après l'échantillon que m'a remis le lieutenant de vaisseau Audoin.

Soubassement. — Le soubassement de l'immense manteau de sable qui s'étend à l'est du Mounio, n'est visible que dans les environs de Gouré seulement. Il avait déjà été observé par M. Chudeau.

A quelques centaines de mètres au nord-est du poste, au pied d'une des buttes qui s'alignent sur le bord oriental du Mounio, il forme une légère plate-forme de plus de 600 mètres de long sur



Fig. 26. — COUPE EST-OUEST PASSANT A 500 MÈTRES AU NORD
DU POSTE DE GOURÉ.

1, roche schisto-cristalline ; 2, microgranite ; 3, sables dunaires.

400 mètres de large (fig. 26). Cette plate-forme est constituée par une roche métamorphique, schisto-cristalline, aux feuillets minces et au grain fin, entre lesquels sont intercalées des lames de quartzite.

Ces schistes sont relevés de 20° à 25° comme s'ils s'appuyaient contre la butte ; à moins d'une trentaine de mètres plus loin, ils sont redressés en sens inverse de 30° à 35°. A cause des blocs éboulés, je

n'ai pas pu voir la zone intermédiaire et je ne peux dire, si, en cet endroit, il y a cassure ou pli. Pour la même raison, il m'a été impossible de constater le contact entre ces schistes et la butte microgranitique.

Deux puits creusés à peu de distance à l'est, tout près de la piste de Gouré au Tchad par le désert de Mir, rencontrent encore cette même formation (fig. 24).

Le premier de ces puits est à un kilomètre environ du poste, au fond d'une dépression, probablement une portion de vallée ouverte au milieu des sables épais d'une vingtaine de mètres. Il a d'abord traversé un mélange de terre et de sable sur une dizaine de mètres, puis il a rencontré la roche schisto-cristalline très altérée que sillonnent des lames de quartzite.

Le deuxième puits est creusé à 1.500 mètres plus loin, à côté de la piste de Gouré au Tchad, dans une dépression d'une vingtaine de mètres de profondeur qui s'ouvre au milieu des sables. Il n'a que quelques mètres de profondeur, il est aussi ouvert dans des roches schisteuses, avec lames de quartzite, orientées de la même façon.

Nous verrons que des roches cristallophylliennes, traversées par des roches granitiques, existent à une quinzaine de kilomètres au nord du Mounio, sur le chemin de Gouré à Dellacori.

7. — La région comprise entre le Mounio et le Koutous.

Dans toute la région, comprise entre le Mounio et le Koutous (fig. 27), comme dans les environs de Gouré, les sables ne forment pas un manteau très épais. A une quinzaine de kilomètres de ce village, leur soubassement apparaît dans le fond d'une dépression de 7 à 8 kilomètres de large, où il forme un petit massif d'une vingtaine de mètres de haut.

Celui-ci comprend trois petites buttes, distantes les unes des autres de 100 à 150 mètres. La plus méridionale est principalement constituée par des micaschistes. Les deux autres sont en pegmatite qui s'est injectée dans les micaschistes.

Sur le bord oriental de ces petites buttes cristallines et schisto-cristallines, le micaschiste est très net et plonge de cinq degrés environ vers le sud. En ce point, une roche, ayant un faciès gneissique, est intercalée dans ce micaschiste par petites lames de quelques centimètres d'épaisseur et présente des phénomènes d'écrasement



Fig. 27. — COUPE NORD-SUD DU KOUTOUS AU MOUNIO.

1, roche schisto-cristalline; 2, micaschiste; 3, pegmatit; 4, microgranite; 5, grès; 6, sabs dunaires; 7, quartz.

remarquables. Elle pourrait bien être un orthogneiss qui résulterait du laminage d'une roche éruptive. Cette dernière appartiendrait à une série éruptive différente de celle du Mounio, car elle est grenatifère, à deux micas, et riche en hypersthène.

A 2 ou 3 kilomètres plus loin, toujours dans la même dépression, il existe un filon de quartz orienté nord-est-sud-ouest, de 15 à 20 mètres de haut, d'une dizaine de mètres de large et de 400 à 500 mètres de long.

A une vingtaine de kilomètres plus à l'ouest, sur le chemin de Kellé, dans le Koutous, à Wouschek, dans le Mounio, le paysage est le même, et, à moins de 10 kilomètres du massif du Mounio, le soubassement du manteau de sable apparaît encore : là, il est formé par du granite ordinaire à grain moyen.

II. — Formations turoniennes du Damergou.

Turonien fossilifère du Damergou. — D'assez nombreux fossiles, Ammonites et Huîtres, ont été rapportés du Damergou. Ils ont été signalés pour la première fois, en 1903, par de Lapparent [70] à qui le capitaine Gaden avait remis une Ammonite et une Exogyre qu'il avait recueillies dans les environs de Djadjidouna. L'Exogyre est de « type incontestablement crétacé ». Munier-Chalmas trouve que l'Ammonite a des affinités avec les genres *Mammiles* et *Vascoceras* du Turonien.

M. Chudeau [23], en 1905, a exploré le Damergou. Pour ce géologue, tout le soubassement du pays appartient à une formation d'âge indéterminé, probablement Crétacé inférieur, qu'il appelle *argiles et grès du Tagama*, et qui est la continuation de celle qui constitue le Tagama. Quant aux collines qui se dressent au-dessus de la plaine, il les considère comme Crétacé supérieur et il leur reconnaît la constitution suivante :

1° A la base, grès rouges « dont certains bancs sont de véritables lumachelles à *Ostrea* », comme à l'ouest de Dan Meli. Des fragments de cette lumachelle abondent partout, principalement autour de Djadjidouna ;

2° « Argiles blanc verdâtre, avec gypse en beaux cristaux », dans lesquelles sont intercalés des bancs calcaires très fossilifères et contenant des Huîtres et des Ammonites ;

3° Manteau de latérite qui peut atteindre plusieurs mètres et dont les débris recouvrent habituellement les flancs des collines.

Dans les Huîtres recueillies par M. Chudeau, M. Choffat ne peut se prononcer sur aucune forme. Une « semble bien être *Ostrea columba* » ; « d'autres sont analogues à *Ostrea decussata* GOLDF. » ; « une a un certain rapport avec *Ostrea acutirostra* COQ. » ; quant aux huîtres de Béréré, « il n'ose pas y reconnaître *Ostrea olissiponensis* SHARPE ».

Pour M. Chudeau, « les Ammonites appartiennent presque toutes à une même espèce voisine de *Vascoceras Durandi* THOMAS et PERON » et il en fait *Vascoceras Cauvini* CHUDEAU. Un autre exemplaire est appelé *Acanthoceras* (?) *Gadeni* CHUDEAU.

A Béréré, au nord de Djadjidouna, M. Chudeau a constaté que les argiles gypsifères ont une vingtaine de mètres d'épaisseur et qu'elles contiennent vers leur milieu plusieurs bancs de calcaire de 10 à 20 centimètres.

Dans ces calcaires, il a recueilli des Ammonites très voisines de *Vascoceras Durandi*. Les Huîtres, très nombreuses, appartiennent au groupe d'*Ostrea columba*, d'*Ostrea Rollandi* et d'*Ostrea olissiponensis*.

Sur le plateau de Djadjidouna, dans la falaise qui fait face à ce village, à 4 ou 5 kilomètres au nord ; sur le versant nord-ouest du Damerougou, entre Tanout et Guidjigaoua, j'ai recueilli un grand nombre d'exemplaires d'Ammonites et d'Huitres.

Je les ai trouvés dans des éboulis et, nulle part, je n'ai vu en place les formations qui les renfermaient.

Mes échantillons sont identiques à ceux que M. Chudeau a étudiés. Aussi je ne trouve rien à ajouter à ce qu'a dit ce géologue.

Rappelons que des fossiles turoniens ont été trouvés à Gongola, dans la Nigéria anglaise, à près de 500 kilomètres au sud du Damerougou, et sur les bords du fleuve Moungo, dans le Kameroun allemand, à 600 kilomètres environ plus au sud encore.

Formations rapportées au Crétacé supérieur. — Comme M. Chudeau [22], pour des raisons purement stratigraphiques, en l'absence de fossiles, je range dans le Crétacé supérieur — le Maestrichtien non compris — les formations sablo-argileuses, passant à des grès, qui existent dans le Soudan français à l'est de l'Adar-Doutchi.



Fig. 28. — Coupe schématique passant par le Turonien du Damerougou et le Maestrichtien de l'Adar-Doutchi.
1, turonien ; 2, maestrichtien.

Les grès qui constituent les buttes qui se dressent entre Zinder et Tessaoua et qui existent dans les environs de Korgom, ceux qui affleurent dans la vallée sèche de Gongomé, à l'est de Tessaoua, et ceux qui forment le sous-sol des régions comprises entre le massif du Damagarim et l'Adar-Doutchi, se sont déposés pendant le Turonien et le Sénonien — Maestrichtien non compris. —

Toutes ces formations détritiques, qui ne montrent aucun arrêt de stratification, sont du même âge que les dépôts turoniens du Damerougou, à l'est, ou sont d'un âge intermédiaire entre celui de ces derniers et celui des sédiments maestrichtiens de l'Adar-Doutchi. Les rapports stratigraphiques qui existent entre les dépôts fossilifères de ces deux régions sont schématisés par la coupe suivante (fig. 28).

Comme M. Chudeau, je range aussi dans le Turonien les grès de l'Alakos et du Koutous, deux régions situées à l'est du Damerougou.

Enfin, par contre, je ne suis pas de son avis pour le Manga et pour le Kanem qui sont recouverts par des formations dunaires, quaternaires et actuelles, et non par des dépôts sédimentaires du Crétacé inférieur.

III. — Formations maestrichiennes de l'Adar-Doutchi.

Historique. — Les formations sédimentaires de l'Adar-Doutchi ont été signalées pour la première fois, en 1903, par de Lapparent [69], grâce aux quelques fossiles que lui avait rapportés de cette région le capitaine Gaden.

Dans ces fossiles, qui provenaient de Tamaské, se trouvaient un Nautilé que M. Douvillé considère comme très voisin de *Nautilus Lamarcki* DESHAYES de l'Eocène, et quatre oursins que M. V. Gauthier reconnaît « comme appartenant à l'éocène moyen ou lutétien » : un exemplaire est un *Plesiolampas* d'espèce nouvelle, un autre est un *Rhabdocidaris* mal conservé ayant les caractères des espèces tertiaires, enfin les deux derniers sont des *Linthia* et ressemblent à *Linthia Ducroqui* COTTEAU, de l'éocène de Saint-Palais (Charente-Inférieure).

Dans une seconde note [70], de Lapparent signale d'autres fossiles provenant de la même localité et rapportés par le même officier, des Lucines, du groupe de *Lucina gigantea* et « deux moules de *Nerita* (*Velates*) *Schmiedeliana* appartenant à la variété qui caractérise l'éocène moyen ».

En 1904, la mission franco-anglaise de délimitation du Sokoto rapporte à son tour des fossiles de l'Adar-Doutchi.

Les fossiles recueillis à Kalfou et à Garadoumé (Garadimi) par la mission anglaise sont étudiés par M. Bather et par M. R. Bullen Newton. Le premier [5], qui étudie les Oursins trouvés à Garadoumé, par Lelean [74], en fait trois espèces, dont deux nouvelles :

Plesiolampas saharæ BATHER

Plesiolampas Paquieri (?) LAMBERT

Hemiaster (*Linthia*) *sudanensis* BATHER.

Le second [87, 88], qui étudie les autres fossiles, donne la liste suivante :

Ostrea rarilamella DESHAYES

Alectryonia cf. *Martinsi* D'ARCHIAC

Vulsella nigeriensis NEWTON

Spondylus cf. *subspinosus* D'ARCHIAC

Cardium sp.

Lucina cf. *Menardi* DESHAYES

Lucina cf. *pharaonis* BELLARDI

Lucina sp.

Panopæa sahariensis NEWTON
Calyptæa nigeriensis NEWTON
Volutilithes cithara LAMARCK
Rostellaria cf. goniophora BELLARDI
Turitella cf. ægyptica MAYER-EYMAR
Conus sp.

De son côté, de Lapparent [71] étudie les fossiles rapportés par la mission Moll. Aux fossiles mentionnés antérieurement, il ajoute :

Un grand Nautilé voisin de *Nautilus Lamarcki* DESHAYES ;

Une Ovule « qui paraît très voisine de la forme indienne *Ovula depressa* J. de C. SOWERBY ».

« Une empreinte de *Corbula harpa*, type indien » ;

Plusieurs *Velates Schmiedeliana* CHEMNITZ, forme à la fois indienne et méditerranéenne ;

Operculina canalifera D'ARCHIAC ;

Des Huîtres appartenant au genre *Lopha* ;

Plusieurs moules de *Volutes* ;

Une Turitelle très voisine de *Mesalia fasciata* D'ARCHIAC ;

De nombreux moules de Lucines, de Gastéropodes ;

Des ossements de Vertébrés, parmi lesquels des plaques de Tortue.

Ajoutons que des fossiles trouvés à Boutoutou et étudiés par M. Douvillé [in 71] sont considérés comme miocènes. Je reviendrai sur ce point.

Dans un autre lot des fossiles rapportés par la mission Moll, et qui se trouvent au Laboratoire de Paléontologie du Muséum, M. Thévenin a reconnu les espèces suivantes :

Cardita obliqua D'ARCHIAC
cf. Fusus mixtus D'ARCHIAC
Nautilus cf. sub-Fleuriausi D'ARCHIAC
Spondylus cf. subspinosus D'ARCHIAC
Lucina cf. pharaonis BELLARDI
Vulsella nigeriensis NEWTON
Panopæa sahariensis NEWTON
Calyptæa nigeriensis NEWTON.

En 1906, M. Chudeau [14] traverse l'Adar-Doutchi. Pressé de rentrer en France, il ne s'attarde pas à étudier les formations sédimentaires de cette région. A l'est de Bouza, il trouve *Operculina canalifera* D'ARCHIAC, des moules de *Cardium* et de *Turitella* peu déterminables, et quelques fragments d'une petite huître, probablement *Ostrea Choffati* OPP.

Près de Keïta, il recueille quelques fossiles :

Hemiasiter (Linthia) sudanensis BATHER

Plesiolampas saharæ BATHER

des Lucines qui ne sont pas, d'après lui, *Lucina gigantea* DESHAYES

Operculina canalifera D'ARCHIAC,

et il cite *Nautilus cf. Lamarcki* DESHAYES que lui a remis le capitaine Allouard.

Comme les géologues précédents, M. Chudeau range ces formations de l'Adar-Doutchi dans l'Eocène, et il résume de la façon suivante [17, p. 335] la constitution géologique de ce pays :

a) « A la base, argiles bariolées reposant en concordance vers l'est et vers le nord (Telemsi, Assakaré) sur le Crétacé supérieur et en discordance vers l'ouest, sur le Silurien et le Dévonien, entre Niamey et Ansongo.

b) Calcaires à *Operculina canalifera* D'ARCHIAC, *Hemiasiter sudanensis* BATHER, *Plesiolampas saharæ* BATHER, *Nautilus cf. Lamarcki*. Ce second niveau n'existe guère, vers le 15° parallèle, que de Bouza à Tahoua. »

Age maestrichtien des terrains sédimentaires de l'Adar-Doutchi. — L'attribution à l'Eocène, par de Lapparent et, à sa suite, par MM. Bather et Newton, et par M. Chudeau, des dépôts fossilifères de l'Adar-Doutchi, est basée sur la détermination un peu douteuse de moules de fossiles.

Le moule de Nautile, considéré comme voisin de *Nautilus Lamarcki* DESHAYES, peut, tout aussi bien, être une autre espèce ; M. Lemoine [in 47] en fait *Nautilus Deluci* D'ARCHIAC.

Des Oursins que M. V. Gauthier considère « comme appartenant à l'éocène moyen ou lutétien », l'un est une espèce nouvelle et les autres ressemblent seulement à des espèces éocènes.

Rien n'autorise, non plus, de rapporter à *Lucina gigantea* les grands moules de Lucine que l'on trouve un peu partout dans l'Adar-Doutchi. Nous avons vu que M. Chudeau n'admet pas cette assimilation.

Quant aux moules attribués à *Nerita (Velates) Schmiedeliana* CHEMNITZ, ils peuvent très bien appartenir à des Neritidae du Crétacé, ainsi que vient de le faire remarquer M. Douvillé [in 47]. J'ai comparé mes échantillons, provenant du Soudan, et identiques à ceux signalés par mes devanciers, à des moules de *Nerita Schmiedeliana* du bassin parisien, et j'ai constaté qu'ils diffèrent assez notablement, les Nérites

du Soudan ayant leur dernier tour moins large que chez *Nerita Schmiedeliana*.

Les Oursins décrits par M. Bather sont des espèces nouvelles ; ils ne pouvaient servir à fixer l'âge d'un terrain puisque leur position dans l'échelle stratigraphique n'était pas encore connue.

De la liste donnée par M. Newton, plusieurs fossiles sont rapprochés d'espèces éocènes, mais ne sont pas assimilés à ces espèces ; les autres sont décrits comme espèces nouvelles et ne peuvent alors être utilisés pour la fixation de l'âge des terrains qui les renferment.

De l'étude des documents paléontologiques, principalement des moules, rapportés du Soudan par la mission Moll, de Lapparent ne cite guère d'autres espèces que celles que lui, d'abord, puis MM. Bather et Newton, ensuite, avaient déjà mentionnées.

Enfin, nous avons déjà vu que M. Chudeau n'avait rapporté aucune forme nouvelle à celles antérieurement connues.

En conséquence, de cet ensemble de données paléontologiques, recueillies par mes devanciers, il n'était donc guère possible de pouvoir fixer d'une façon bien précise l'âge des terrains sédimentaires de l'Adar-Doutchi.

En 1907, j'ai consacré près d'un mois à l'exploration de l'Adar-Doutchi que j'ai parcouru dans tous ses sens. J'ai relevé un grand nombre de coupes et j'ai recueilli d'assez nombreux fossiles, malheureusement pas toujours bien conservés.

Parmi les échantillons que j'ai rapportés, se trouvent les espèces suivantes :

- Operculina canalifera* D'ARCHIAC
- Parasmilia cf. centralis* MANTELL
- Hemiasiter (Linthia) sudanensis* BATHER
- Plesiolampas saharæ* BATHER
- Plesiolampas Paquieri* LAMBERT
- Rhabdocidaris* sp.
- Ostrea cf. Nicaisi* COQUAND
- Spondylus cf. Rouaulti* D'ARCHIAC
- Pseudeligmus sudanensis* DOUVILLÉ
- Nucula tenera* MÜLLER
- Cardita cf. obliqua* D'ARCHIAC
- Venericardia Beaumonti* D'ARCHIAC
- Chama cf. callosa* NOETLING
- Lucina cf. pharaonis* BELLARDI
- Lucina* sp.
- Cardium cf. halaense* D'ARCHIAC
- Panopæa sahariensis* NEWTON

Corbula striatuloïdes FORBES

Nerita sp.

Turitella fasciata D'ARCHIAC

Turitella sexlineata ROEMER

Turitella cf. *nodosa* ROEMER

Turitella sp.

Vermetus sp.

Calyptræa nigeriensis NEWTON

Cerithium rude SOWERBY

Cerithium sp.

Ovula sp.

Fusus cf. *Nachtigali* QUAAS

Hemifusus sp.

Volutililthes cf. *crenulifer* BAYAN

Pleurotoma subfusiformis D'ORBIGNY

Nautilus cf. *Deluci* D'ARCHIAC

Nautilus cf. *desertorum* ZITTEL.

Tout cet ensemble de fossiles ne possède aucune analogie avec la faune éocène. Toutes les espèces que j'ai recueillies — en dehors des espèces récemment créées et dont la place dans l'échelle stratigraphique n'est pas encore connue — appartiennent à des formes du Crétacé supérieur, ou se rapprochent d'espèces de cette époque.

Certaines de ces espèces (pl. I) sont nettement caractéristiques du Crétacé tout à fait supérieur.

1° *Venericardia Beaumonti* DESHAYES (*Cardita libyca* ZITTEL), que j'ai trouvé assez abondamment à peu près partout, est signalé dans le Maestrichtien supérieur de l'Égypte par Zittel [102], dans le Maestrichtien de la Tripolitaine par Krumbeck [62], dans le Maestrichtien de la Perse par M. H. Douvillé [31], dans le Maestrichtien du Bélouchistan, etc.

2° *Corbula striatuloïdes* FORBES, est cité comme espèce du Crétacé supérieur de l'Inde méridionale, par Stoliczka [95]; Zittel [102] le signale dans le Maestrichtien supérieur de l'Égypte.

3° *Turitella (Mesalia) fasciata* LAMARCK, d'après M. Douvillé [31], est un fossile du Maestrichtien de la Perse.

4° *Turitella sexlineata* ROEMER est cité, par M. Quaas [89], comme fossile du Danien inférieur de l'ouest de la Libye. Mais ce dernier, comme le fait M. Haug [57], doit rentrer dans le Maestrichtien supérieur; le terme de Danien étant uniquement réservé aux formations à *Nautilus danicus*.

5° *Pleurotoma subfusiformis* D'ORBIGNY est cité comme espèce crétacée dans l'Inde méridionale par M. Stoliczka [95].

6° *Pseudeligmus sudanensis* H. DOUVILLÉ, comme tous les *Eligmus*, est une espèce crétacée ainsi que l'a fait remarquer M. Douvillé [in 47]; jamais ces formes n'ont été signalées dans les terrains tertiaires.

7° *Parasmilia* est un genre de polypiers sénoniens; ils n'ont jamais été rencontrés dans le tertiaire. Le *Parasmilia cf. centralis* MANTELL, que M. Dollfus a bien voulu déterminer dans mes échantillons, confirme une fois encore que les dépôts de l'Adar-Doutchi sont du Crétacé supérieur.

8° Enfin, M. Lemoine [76] dit que le capitaine Cortier lui a envoyé un lot de fossiles, récoltés entre Temassinin et Ghadamès, où *Linthia sudanensis* BATHER est associé à des espèces crétacées.

En résumé, et pour toutes ces raisons, les formations fossilifères de l'Adar-Doutchi doivent être rangées dans le *Maestrichtien*, ce dernier terme étant pris dans le sens que lui donne M. Haug, c'est-à-dire comprenant le *Maestrichtien* proprement dit et le *Danien inférieur* des Allemands, ou couche à *Ostrea Overwegi*.

De mes observations et de l'étude des documents paléontologiques que j'ai rapportés, on peut se faire une idée assez complète de la structure géologique de l'Adar-Doutchi. Je me hâte de dire que l'étude de détail reste à faire.

Examinons quelques-unes des coupes que j'ai relevées.

Ambaroura. — Ambaroura se trouve dans le sud-ouest de l'Adar-Doutchi, vers le bord occidental des affleurements des formations sédimentaires de cette région.

Sur le flanc occidental du petit plateau, entouré de larges vallées sèches ou dallols, qui supporte ce village, j'ai relevé la coupe suivante (fig. 29) :

1. Presque à la base, au milieu des éboulis de grès ferrugineux, affleure un petit escarpement calcaire d'une quinzaine de mètres de hauteur. Cette roche, qui est dure et compacte, possède une cassure esquilleuse et présente un éclat nacré.

Dans les couches inférieures se trouvent des Oursins :

Hemiasler sudanensis BATHER

Plesiolampas saharæ BATHER.

Dans toute la masse j'ai recueilli :

Venericardia Beaumonti D'ARCHIAC

Cardita obliqua D'ARCHIAC

Corbula striatuloïdes FORBES

Panopæa sahariensis NEWTON

Cerithium rude SOWERBY

Cerithium sp.

Turitella fasciata D'ARCHIAC

Turitella sexlineata ROEMER

Nautilus cf. *Deluci* D'ARCHIAC.

2. Au-dessus, entre les éboulis, j'ai observé des calcaires jaunâtres, un peu argileux et un peu feuilletés, dont certains bancs sont pétris de débris de coquilles d'huîtres.

En dehors de ces affleurements de calcaires, il n'est plus possible de rien voir, les éboulis de grès ferrugineux, en blocs plus ou moins volumineux, masquent tout.

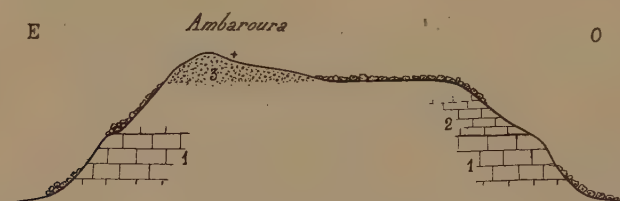


Fig. 29. — COUPE EST-OUEST A TRAVERS LE PLATEAU D'AMBAROURA.

1, calcaire compact ; 2, calcaire argileux ; 3, sables argileux.

3. Des sables rougeâtres, un peu argileux, sur lesquels est bâti le village d'Ambaroura, forment le sommet de la partie orientale du plateau.

Des blocs de grès ferrugineux, provenant de l'ancien chapeau ferrugineux qui a disparu, et que nous avons déjà signalés à la base et sur les flancs du plateau, recouvrent toute la partie occidentale de celui-ci.

A partir d'Ambaroura, en allant vers l'est, on observe toujours, dans le flanc des hautes falaises qui dominent les larges vallées sèches ou dallols, entre les éboulis de grès ferrugineux, des formations calcaires fossilifères blanchâtres.

A Kaoura, qui est à une vingtaine de kilomètres à l'est d'Ambaroura, j'ai recueilli dans ces dépôts sédimentaires, presque à la base de la falaise :

Hemiaster (Linthia) sudanensis BATHER

Venericardia Beaumonti D'ARCHIAC

Cardita obliqua D'ARCHIAC

Panopæa sahariensis NEWTON

Nerita sp.

Volutilithes sp.

Turitella sp.

Chokott. — A Chokott, qui est à une trentaine de kilomètres au nord-nord-ouest d'Ambaroura, et près de la limite occidentale des affleurements des dépôts calcaires, j'ai relevé la coupe suivante dans la falaise qui se dresse au sud du village (fig. 30):

1. Presque à la base, sous les éboulis de grès ferrugineux, il existe un léger ressaut de calcaire, d'une quinzaine de mètres, dont les couches inférieures sont plus compactes et plus dures que les couches supérieures.

Cette masse calcaire est très fossilifère. J'y ai recueilli :

Nucula tenera MÜLLER
Spondylus cf. Rouaulti D'ARCHIAU
Venericardia Beaumonti D'ARCHIAU
Cardita obliqua D'ARCHIAU
Cardium halaense D'ARCHIAU
Nerita sp.
Cerithium rude SOWERBY
Cerithium sp.
Turitella fasciata D'ARCHIAU
Turitella sexlineata ROEMER
Turitella cf. nodosa ROEMER
Turitella sp.
Fusus cf. Nachtigali QUAAAS
Volutilithes cf. crenulifer BAYAN
Operculina canalifera D'ARCHIAU.

Je n'ai pas trouvé d'Oursins dans cette formation. Ces espèces doivent exister dans les couches plus basses que masquent les éboulis qui s'étendent à la base de la falaise.

2. Les calcaires sont surmontés par des argiles un peu sableuses, gris terne, de 10 à 12 mètres de puissance, se débitant en plaques très grandes et très minces.

3. Des sables argileux rougeâtres, de 6 à 7 mètres, viennent ensuite.

4. Un chapeau de grès ferrugineux, formant corniche, de 4 à 5 mètres d'épaisseur, coiffe le tout.

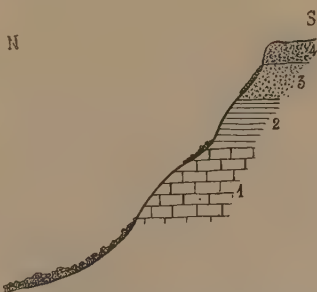


Fig. 30. — COUPE NORD-SUD DE LA FALAISE DE CHOKOTT.

1, calcaire; 2, argiles; 3, sables argileux; 4, grès ferrugineux

A une quinzaine de kilomètres plus au nord-ouest, à Founkoy, on ne voit plus de dépôts calcaires. Ceux-ci doivent se trouver en profondeur.

Ce n'est qu'à 3 ou 4 kilomètres à l'ouest de Kalfou qu'on les voit apparaître à la base des falaises, dans le fond des vallées.

Bagueïe. — L'éperon, à mi-flanc duquel est bâti le village de Bagueïe, possède la constitution suivante (fig. 31) :

1. A la base, en partie recouverts par des éboulis et des sables, des calcaires compacts, à aspect un peu nacré et à cassure esquilleuse, forment un léger ressaut d'une dizaine de mètres.

2. Les calcaires qui les surmontent, et qui ont près de 10 mètres d'épaisseur, sont moins durs et renferment de nombreuses coquilles :

Venericardia Beaumonti D'ARCHIAC

Lucina sp.

Corbula sp.

Panopæa sahariensis NEWTON

Nerita sp.

3. Calcaires marneux compacts, de près de 5 mètres d'épaisseur, dans lesquels je n'ai pas vu de fossiles.

4. Argiles feuilletées de 5 à 6 mètres de puissance.

5. Sables argileux rougeâtres, en partie masqués par les éboulis de la formation supérieure, une quinzaine de mètres environ.

6. Grès ferrugineux formant chapeau.

A trois ou quatre kilomètres à l'est de Bagueïe, dans le fond de la vallée, plusieurs petits affleurements de calcaire compact, (fig. 36), de moins de 10 mètres de hauteur, pointent au milieu des sables meubles que les eaux de ruissellement et les vents y ont amenés.

Ces calcaires, qui sont à un niveau inférieur à ceux que nous avons observés à la base de la falaise de Bagueïe, renferment des Oursins :

Hemiaster (Linthia) sudanensis BATHIER

Plesiolampas saharæ BATHER.

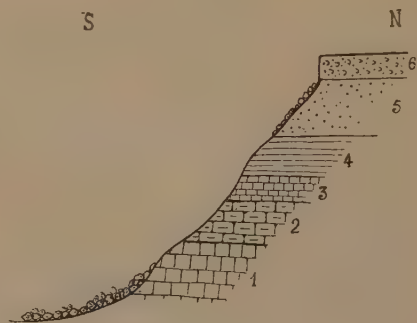


Fig. 31. — COUPE NORD-SUD DE L'ÉPERON DE BAGUEÏE.

1, calcaire compact ; 2, calcaire coquillifère ; 3, calcaire marneux ; 4, argiles feuilletées ; 5, sables argileux ; 6, grès ferrugineux.

Dans la falaise orientale du plateau qui supporte Kalfou, j'ai constaté la même constitution qu'à Bagueïe.

Presque à sa base, dans les couches calcaires les plus inférieures, parmi celles qui sont visibles, j'ai vu quelques Oursins et quelques Bivalves.

De l'autre côté de Kalfou, après la descente du plateau, j'ai observé à la base de la falaise, un dernier petit affleurement de formations calcaires.

Environs de Bouza. — Bouza se trouve à peu près à la limite sud-ouest des formations calcaires de l'Adar-Doutchi.

Immédiatement à côté du village se dressent un grand nombre de buttes, découpées par l'érosion, dont la hauteur va en se relevant à mesure qu'on avance vers l'est. Leurs sommets et leurs flancs sont ordinairement recouverts par des blocs de grès ferrugineux.

A côté du poste, la base de ce manteau est formée par des argiles sableuses blanches, à éléments très fins, dans lesquelles M. Chudeau a observé « des traces de grands Bivalves ».

Plus à l'est, de l'autre côté du village de Mainbé, certaines buttes, assez élevées, sont terminées par des calcaires durs qui renferment des Oursins :

Hemiaster (Linthia) sudanensis BATHER

Plesiolampas saharæ BATHER.

Les grès ferrugineux, qui forment chapeau dans tout l'Adar-Doutchi, ne se trouvent en place que plus à l'est et coiffent des buttes plus élevées encore.

C'est dans une vallée, entre ces buttes, dans des éboulis, que j'ai trouvé des lames de gypse. M. Chudeau [17, p. 333] a observé le gypse en place dans des argiles feuilletées bleuâtres.

Dans un petit banc calcaire de 10 centimètres d'épaisseur, très fossilifère, le même géologue a trouvé quelques coquilles et quelques débris de Poissons.

Parmi les coquilles, M. Chudeau cite :

Operculina canalifera D'ARCHIAC

Ostrea Choffati OPP

Cardium sp.

Turritella sp.

M. Priem, qui a étudié les débris de Poissons recueillis par M. Chudeau, y a reconnu ; une dent de *Scyllum*, une dent de *Carcharias*, une dent ressemblant à celles de *Cimolichthys* ? et à celles de *Trichurides sagittidens* WINT. « Ces dents, dit-il, trouvées jusqu'ici

isolées, pourraient être des dents de *Lepidopides*. Ces dents indiquent le Tertiaire, probablement l'Eocène moyen » [in 17, p. 334].

A Gamé, à 5 ou 6 kilomètres au nord-est de Bouza, les calcaires, comme à Mainbé, affleurent à une assez grande hauteur au-dessus du fond des vallées.

La mission Moll a rapporté de cette localité :

Nautilus cf. sub-Fleuriausis D'ARCHIAC

Lucina cf. pharaonis BELLARDI

Vulsella nigeriensis NEWTON

Plesiolampas saharæ BATHER

qui se trouvent au Laboratoire de Paléontologie du Muséum d'Histoire Naturelle.

A une dizaine de kilomètres plus loin, à la mare de Yagallata, les calcaires n'existent plus, ayant été entraînés par l'érosion. Le sol est uniquement formé par des sables argileux rougeâtres, qui sont antérieurs aux dépôts fossilifères de l'Adar-Doutchi.

Sur le chemin de Tamaské, à 5 kilomètres environ au nord de Bouza, dans un petit affleurement de calcaire qui émerge des éboulis, j'ai recueilli :

Hemiaster (Linthia) sudanensis BATHER

Plesiolampas Paquieri LAMBERT

Panopæa sahariensis NEWTON

Lucina sp.

Gastéropodes divers.

En face de Bouza, à 6 kilomètres à l'ouest, le long du chemin qui gravit le plateau pour mener à Garadoumé, j'ai relevé la coupe suivante :

1. Presque à la base de la falaise, qui a de 60 à 70 mètres de hauteur, apparaissent des calcaires compacts et durs où abondent :

Hemiaster (Linthia) sudanensis BATHER

Plesiolampas saharæ BATHER.

2. Calcaires compacts, marneux, très fossilifères et renfermant :

Cardita cf. obliqua D'ARCHIAC

Lucina sp.

Ostrea cf. Nicaisi COQ.

Corbula striatuloïdes FORBES

Panopæa sahariensis NEWTON

Volutilithes cf. crenulifer BAYAN

Nautilus sp.

Falaise au sud de Keïta. — Dans la falaise, haute d'une centaine de mètres, qui se trouve à une dizaine de kilomètres au sud de Keïta, de l'autre côté de la vallée, j'ai observé la même constitution que dans le reste de l'Adar-Doutchi.

Des sables argileux rougeâtres forment la base de la falaise.

Dans les calcaires qui les surmontent et que masquent, en beau-coup de points, des éboulis du chapeau gréso-ferrugineux, j'ai recueilli :

Hemiaster sudanensis BATHER

Plesiolampas saharæ BATHER

Cardita Beaumonti D'ARCHIAC

Lucina sp.

Chama callosa NOETLING.

Avec les deux Oursins que je viens de citer, M. Chudeau, comme je l'ai déjà dit, y avait signalé :

Operculina canalifera D'ARCHIAC

Nautilus cf. *Lamarckii* DESHAYES.

Four à chaux de Keïta. — A peu près à égale distance entre Tamaské et Keïta, un banc de calcaire est exploité pour fabriquer la chaux avec laquelle on badigeonne en blanc les murs des postes.

En cet endroit j'ai relevé la coupe suivante (fig. 32) :

1. Des sables argileux, comme dans tous les environs, constituent le substratum des formations fossilifères sédimentaires.

2. Du calcaire dur, à cassure irrégulière, avec petites facettes miroitantes, forme une saillie d'une dizaine de mètres au-dessus de ces sables. Je n'y ai pas observé de fossiles. Des

éboulis de grès ferrugineux m'ont empêché de voir le passage de cette formation calcaire à la formation sableuse sous-jacente.

3. Des calcaires, ayant à peu près les mêmes caractères, forment ensuite un petit ressaut de deux mètres environ. J'y ai trouvé :

Hemiaster (Linthia) sudanensis BATHER

Plesiolampas saharæ BATHER.

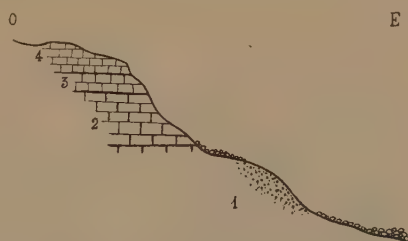


Fig. 32 — COUPE EST-OUEST A COTÉ DU FOUR A CHAUX DE KEITA.

1, sables argileux ; 2 et 3, calcaire compact ; 4, calcaire marneux.

4. Des calcaires un peu compacts, happant légèrement à la langue et présentant une surface très érodée, coiffent le tout. Ils ont 3 à 4 mètres de puissance, au maximum. Ce sont eux qui sont utilisés pour la fabrication de la chaux. Ils sont très fossilifères et ils m'ont donné :

Pseudeligmus sudanensis DOUVILLÉ

Ostrea (fragment de test.)

Cardita obliqua D'ARCHIAC

Lucina sp.

Panopæa sahariensis NEWTON

Nerita sp.

Cerithium rude SOWERBY

Cerithium sp.

Ovula sp.

Volutilithes cf. *crenulifer* BAYAN.

Les autres formations qui les surmontaient ont été enlevées par l'érosion.

Tamaské. — Le village de Tamaské est bâti au pied d'une falaise de plus de 60 mètres de haut (fig. 33).

1. Il repose sur des sables argileux rougeâtres qui s'observent tout autour, dans les parties basses, au-dessous des formations sédimentaires calcaires.

2. Des bancs de sables argileux et calcaires, un peu blanchâtres, de près de deux mètres d'épaisseur, surmontent ces sables de la base. Ils sont visibles dans un petit ravin situé à l'est du chemin qui conduit à Tahoua.

3. Un léger res-saut d'une quinzaine de mètres de hauteur est formé par des calcaires compacts, durs, à cassure irrégulière, avec petites facettes miroitantes.

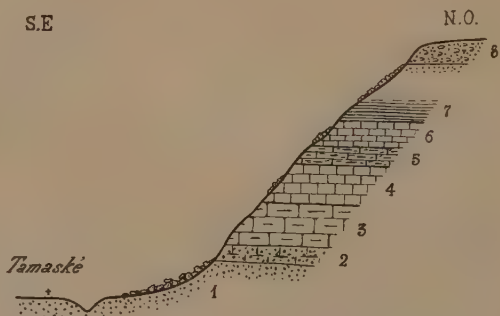


Fig. 33. — COUPE DE LA FALAISE SITUÉE AU NORD DE TAMASKÉ.

1, sables argileux ; 2, sables calcaires ; 3, calcaire compact ; 4, calcaire marneux ; 5, calcaire marneux compact ; 6, calcaire marneux ; 7, argiles feuilletées ; 8, grès ferrugineux.

Je n'ai pas observé de fossiles dans toute la partie inférieure de cette formation. A son sommet, dans les deux derniers mètres environ, j'ai trouvé de nombreux Oursins :

Hemiasper (Linthia) sudanensis BATHER

Plesiolampas saharæ BATHER

Plesiolampas Paquieri LAMBERT.

4. Calcaire d'aspect un peu terreux et de structure crayeuse, très fossilifère, ayant une douzaine de mètres d'épaisseur.

Dans ses couches inférieures, j'ai encore trouvé quelques rares Oursins, notamment :

Plesiolampas saharæ BATHER

et de nombreux Bivalves et Gastéropodes dont :

Venericardia Beaumonti D'ARCHIAC

Cardita sp.

Lucina sp.

Panopæa sahariensis NEWTON

Calyptrea nigeriensis NEWTON.

Dans les couches supérieures, dont le calcaire est plus friable, et au milieu duquel j'ai observé quelques petits cristaux de calcite, j'ai recueilli :

Venericardia Beaumonti D'ARCHIAC

Cardita sp.

Ostrea (des fragments de test.)

Nerita sp.

Nautilus sp.

des *Polypiers*.

5. Calcaire marneux compact formant un petit ressaut de 4 à 5 mètres, et renfermant quelques Bivalves et quelques Gastéropodes très mal conservés.

6. Calcaire marneux, un peu feuilleté, de 5 à 6 mètres d'épaisseur, contenant quelques moules de Bivalves.

7. Argiles feuilletées se débitant en lames minces et assez grandes. Des éboulis de grès ferrugineux recouvrent leurs couches supérieures et empêchent de voir, sur plus de 10 mètres, les formations qui sont comprises entre ces argiles et le chapeau ferrugineux.

8. Ce dernier forme presque partout un rebord de 6 à 7 mètres. Il se compose d'un mélange complexe de grès, à grains tantôt petits, tantôt relativement gros et agglutinés par un ciment ferrugineux, de fer oolitique et de fer amorphe, mélangé à des substances étrangères, de l'argile le plus souvent.

A l'ouest de Tamaské, à mi-flanc de la falaise, entre des éboulis de grès ferrugineux, j'ai recueilli de nombreux fossiles dans les formations calcaires qui affleuraient en ce point :

Nucula sp.
Ostrea sp.
Cardita obliqua D'ARCHIAC
Lucina sp.
Panopæa sahariensis NEWTON
Chama sp.
Nerita sp.
Cerithium rude SOWERBY
Ovula sp.
Volutilithes sp.
Pleurotoma subfusiformis D'ORBIGNY
Polypiers.

Dans les parties les plus inférieures que j'ai vues, et qui étaient formées de calcaires durs et compacts, se trouvaient des Oursins.



Fig. 34. — COUPE EST-OUEST PASSANT PAR SHARINGUÉ.

1, sables argileux ; 2, sables argileux et calcaires ; 3, calcaire compact ; 4, calcaire marneux ; 5, calcaire jaunâtre.

Sharingué. — Sharingué est à une trentaine de kilomètres à l'est de Tamaské. A côté du village, où la falaise est très déchiquetée, j'ai relevé la coupe suivante (fig. 34) :

1. A la base, affleurant au milieu des éboulis, et semblant grossièrement stratifiés, on observe des sables argileux rouges sur près de 10 mètres.

2. Un mélange pulvérulent de sables argileux et calcaires vient ensuite, et a 5 à 6 mètres d'épaisseur.

3. Des calcaires compacts, durs, à petites facettes brillantes, forment un petit ressaut de 12 à 15 mètres. Leur surface est très corrodée. Dans ces calcaires, j'ai trouvé de nombreux fossiles :

Hemiasster (Linthia) sudanensis BATHER
Plesiolampas saharæ BATHER
Rhabdocidaris sp.
Venericardia Beaumonti D'ARCHIAC
Cardita obliqua D'ARCHIAC

Panopæa sahariensis NEWTON

Lucina sp.

Pseudeligmus sudanensis DOUVILLÉ.

4. Calcaire un peu terreux, happant à la langue, ayant de 2 à 3 mètres d'épaisseur, et renfermant, en outre de rares Oursins :

Venericardia Beaumonti D'ARCHIAC.

Cerithium rude SOWERBY

Turitella sexlineata ROEMER

Ostrea (débris de coquilles).

5. Calcaires un peu jaunâtres, à surface très érodée et formant la crête de la falaise. Ils n'ont plus que 7 à 8 mètres d'épaisseur. J'y ai recueilli, en outre de quelques Oursins :

Cardita obliqua D'ARCHIAC

Corbula striatuloïdes FORBES

Cerithium rude SOWERBY.

Au nord-est de Sharingué, de l'autre côté de la vallée, en allant à Ladou, j'ai trouvé la série complète des formations de l'Adar-Doutchi.

Entre les éboulis, presque à la base, j'ai étudié un ressaut de calcaires compacts, le prolongement de la formation 3 de Sharingué et j'y ai recueilli :

Nucula tenera MÜLLER

Panopæa sahariensis NEWTON

Turitella sexlineata ROEMER

Hemifusus sp.

Parasmalia cf. centralis MANTELL

Plesiolampas saharæ BATHER

Plesiolampas Paquieri LAMBERT.

Djiguina. — Plus à l'est encore, au sud de Djiguina, le long de la crête d'un promontoire qui s'avance entre deux vallées, j'ai relevé la coupe suivante (fig. 35) :

1. Des sables argileux rougeâtres forment le fond de la vallée. Les éboulis qui s'étendent à la base de la falaise les masquent sur une certaine hauteur.

2. Des calcaires compacts, ayant un éclat nacré dans les cassures fraîches, se voient sur 5 à 6 mètres au-dessus de ces éboulis.

3. Calcaires marneux, happant un peu à la langue, formant escalier et présentant une surface très érodée. Ils ont une quinzaine

de mètres et ils sont peu ou pas stratifiés. Dans leurs couches inférieures abondent les Oursins :

Hemiaster (Linthia) sudanensis BATHER

Plesiolampas saharæ BATHER.

Dans toute la masse existent des fossiles :

Venericardia Beaumonti D'ARCHIAC

Cardita sp.

Lucina sp.

Cerithium rude SOWERBY

Volutilithes cf. *crenulifer* BAYAN

Nautilus cf. *Deluci* D'ARCHIAC.

4. Argiles marneuses, plus ou moins feuilletées, de 4 à 5 mètres d'épaisseur, se débitant en petites plaques ordinairement minces, et renfermant de nombreux moules de Bivalves très mal conservés.

5. Argiles grises très feuilletées. Elles se voient sur 4 à 5 mètres d'épaisseur. Elles sont masquées par des éboulis de grès ferrugineux qui empêchent de voir les formations comprises entre ces argiles et le chapeau ferrugineux.

6. Des grès ferrugineux avec des grains de fer oolitique coiffent le tout et ont de 6 à 7 mètres d'épaisseur.

Puits d'Inkankaran. — A 8 kilomètres environ, au nord de la coupe précédente, sur l'autre bord de la vallée, tout près du puits d'Inkankaran, j'ai observé la même constitution qu'à

Djiguina, et j'ai recueilli la petite faunule suivante :

Venericardia Beaumonti D'ARCHIAC

Cardita obliqua D'ARCHIAC

Lucina sp.

Panopæa sahariensis NEWTON

Cerithium rude SOWERBY

Cerithium sp.

Turitella sexlineata ROEMER

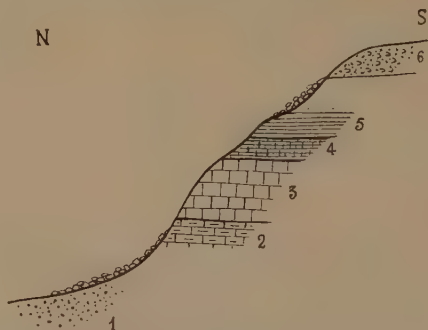


Fig. 35. — COUPE NORD-SUD RELEVÉE AU SUD DE DJIGUINA.

1, sables argileux ; 2, calcaire compact ; 3, calcaire marneux ; 4, argiles marneuses ; 5, argiles feuilletées ; 6, grès ferrugineux.

Pleurotoma sp.

Nautilus Labêchei D'ARCHIAC

Hemiasper (Linthia) sudanensis BATHER

Plesiolampas saharæ BATHER.

Allure générale des formations maestrichtiennes de l'Adar-Doutchi. — De cet ensemble de coupes, relevées dans tous les points de l'Adar-Doutchi, et toutes identiques entre elles, on peut en déduire que, au point de vue lithologique, la constitution générale des formations sédimentaires de cette région est la suivante (fig. 36), comme je l'avais déjà indiqué [47] :

5. Grès ferrugineux, formant chapeau et ayant 4 à 6 mètres d'épaisseur.

4. Sables argileux, 8 à 10 mètres.

3. Argiles feuilletées, renfermant par endroits quelques lames de gypse, 10 à 12 mètres.

2. Calcaires variés, fossilifères, 30 à 40 mètres.

1. Sables argileux dont le substratum cristallin ou cristallophyllien n'est visible que sur les bords du Niger et à Zinder, à plus de 300 kilomètres de part et d'autre.

Ces formations sédimentaires, un peu relevées vers le sud-est, où on les voit surmonter les formations sableuses sous-jacentes, plongent doucement vers le nord-ouest, où on les voit s'enfoncer sous les sables argileux et le plateau de grès ferrugineux qui les recouvrent.

Si on examine ces dépôts sédimentaires de l'Adar-Doutchi, au point de vue paléontologique, on voit que tous les fossiles que j'ai recueillis se trouvaient dans les calcaires situés à la base de ces formations.

C'est toujours dans les assises inférieures, ordinairement compactes, de ces calcaires, que j'ai rencontré les Oursins.

Les Bivalves, et les Gastéropodes vivaient en compagnie des Oursins, mais ils s'étaient surtout développés après la disparition de ceux-ci, car c'est dans les assises du milieu de la formation calcaire que leurs restes sont le plus abondants.

Les fossiles manquent ou sont très rares dans les couches calcaires supérieures.

Dans les argiles feuilletées, je n'ai jamais observé trace de fossiles. C'est évidemment dans celles-ci que se trouvent les lames de gypse que l'on rencontre en certains endroits au milieu des éboulis.

Gypse. — La mer qui a déposé les formations fossilifères maestrichtiennes de l'Adar-Doutchi a aussi abandonné du gypse dans cette région.



Fig. 36. — COUPE, DE TAMASKÉ A KALFOU, MONTRANT L'ALLURE GÉNÉRALE DES FORMATIONS MAESTRICHIENNES DE L'ADAR-DOUTCHI.

1, sables argileux ; 2, calcaires ; 3, argiles feuilletées ; 4, sables ; 5, grès ferrugineux.

Celui-ci se présente toujours en lames minces, translucides.

Je ne l'ai jamais trouvé en place. Dans les quelques endroits où je l'ai observé, je l'ai toujours rencontré au milieu des éboulis.

1° J'ai recueilli des petites lames, de gypse entre Garadoumé et Tadoubla, à 25 kilomètres environ à l'ouest de Bouza. Elles se trouvaient, à un niveau assez élevé, mélangées à des éboulis ferrugineux. Il ne m'a pas été possible de les observer en place. Mais elles ne peuvent provenir que des argiles schisteuses qui surmontent les calcaires de la base de la falaise et qui supportent les grès ferrugineux du sommet du plateau.

2° Dans la montée de Gamé, à 6 kilomètres environ au nord-est de Bouza, il existe aussi des petits débris de gypse sur le flanc de la falaise.

3° Au nord de Mainbé, près de Bouza, on trouve d'abondantes lames de gypse translucide, de quelques centimètres d'épaisseur, au milieu des éboulis de toute nature, principalement argiles sableuses et grès ferrugineux, qui encombrant une vallée. Ce gypse n'y est pas en place. Je n'ai pas pu déterminer sa position stratigraphique, car les assises qui les contenaient ont dû disparaître, les assises supérieures des formations de l'Adar-Doutchi manquant dans les environs immédiats de Bouza.

M. Chudeau [17, p. 333], qui a étudié les environs de ce village, place le gypse dans des argiles feuilletées bleuâtres. Ces dernières, d'après ce géologue, sont situées au-dessous des calcaires fossilifères que surmontent à leur tour des grès ferrugineux.

Je n'ai rien vu de semblable. Mais j'ajoute que je n'ai pas exploré toutes les buttes qui se dressent à l'est de Bouza. Cependant cette inversion dans l'ordre de superpo-

sition des calcaires et des argiles sableuses me paraît bien extraordinaire.

Pour moi, le gypse ne forme pas une nappe continue. Il est très probable qu'il forme de minces lentilles qui se sont déposées dans de petites cuvettes d'évaporation.

Autres gisements maestrichtiens du Soudan. — Les formations maestrichtiennes que nous venons d'étudier dans l'Adar-Doutchi ne se prolongent pas, vers le sud, à plus de vingt-cinq kilomètres au delà du parallèle de Bouza.

Par contre, elles se poursuivent très loin vers le nord, où elles ont été observées en de nombreux points (fig. 37).

1° Le lieutenant Peignot, que j'avais accompagné dans une tournée de police qu'il faisait dans les régions presque désertiques situées au nord-est de Tamaské, et qui s'intéressait à mes études, m'a dit que de grandes vallées, avec de hautes falaises calcaires, identiques à celles des environs de Tamaské, existent à une trentaine de kilomètres au nord-est de Tahoua.



Fig. 37. — CARTE DES GISEMENTS MAESTRICHTIENS DU SOUDAN.

2° Au lieu dit Tillia, situé à 170 kilomètres environ au nord-nord-ouest de Tahoua, le même officier a encore constaté un paysage d'aspect identique, avec existence d'Oursins dans les éboulis calcaires.

3° A 125 kilomètres plus loin, dans la même direction, à Cessa, il a encore observé la même constitution et il a rapporté de ce lieu un Oursin, *Plesiolampas saharæ* Bather.

4° A Tenakart, qui est sensiblement au nord de Sandiré, sur le chemin de Tahoua à Gao, sur le Niger, M. Peignot m'affirme que l'on trouve toujours la même constitution.

Du reste le capitaine Posth a rapporté de ce point :

Hemiaster (Linthia) sudanensis BATHER

Plesiolampas saharæ BATHER

Plesiolampas Paquieri LAMBERT

qui ont été étudiés par M. Cottreau [24].

5° Entre Gao et Tahoua — probablement Tenakart — M. Arnaud a recueilli des fossiles cités par M. Chudeau [14] :

Lopha

Roudairia Drui ? MUN. CH.

Les Oursins de Garadoumé

Une grande Lucine

Une huître du groupe d'*Ostrea elegans* DESHAYES.

6° Plus au nord-ouest, dans le dallol Tilemsi qui s'ouvre sur le Niger, près de Gao, des fossiles ont été signalés à plusieurs reprises.

Dans ceux rapportés par le lieutenant Desplagne et signalés par de Lapparent [72], M. Douvillé a reconnu un Oursin paraissant appartenir à *Linthia*, de petites huîtres, du genre *Lopha*, différentes de celles de Tamaské et ayant des analogies avec certaines du Crétacé supérieur d'Algérie.

7° Au puits de Tabrichat, dans le même dallol, à 150 kilomètres du Niger, M. Gautier a trouvé [in 14] :

Ostrea Bourguignati Coq.

Hemiaster sudanensis BATHER.

8° M. Lemoine [75] a étudié les fossiles recueillis à Anou Mel-loum, près de Gao, toujours dans le même dallol, par les capitaines Arnaud et Cortier, et a signalé :

Ostrea Pomeli Coq.

Ostrea Pomeli var. *sudanensis* LEMOINE

qu'il considère comme formes crétacées, et

Nautilus Deluci D'ARCHIAC

Rostellaria cf. *goniophora* BELLARDI

Ovula cf. *depressa* SOWERBY

Natica sp.

Cardium cf. *galaticum* D'ARCHIAC

Hemiaster sudanensis BATHER

Plesiolampas cf. *Paquieri* LAMBERT

qu'il regarde comme espèces éocènes.

9° A Mabrouck, situé plus loin encore, au nord-est de Tombouc-

tu, le capitaine Théveniaud a trouvé une Cardite, signalée par de Lapparent [72], chez laquelle M. Douvillé a reconnu les caractères distinctifs du groupe de la *Cardita Beaumonti* d'ARCHIAC.

10° Dans l'Aïr, de Tamarlakat et de Tafadek, à 50 et à 75 kilomètres au nord d'Agadès, le lieutenant Jean a rapporté des calcaires que M. Chudeau [74] a étudiés et dans lesquels il a trouvé :

Operculina canalifera D'ARCHIAC

Cardita Beaumonti D'ARCHIAC

des Bivalves.

11° Enfin, un Oursin maestrichtien, *Nælingia Monteili* GAUTHIER, a été recueilli, à Bilma, par le colonel Monteil et signalé par de Lapparent [68].

Tous ces nombreux gisements, qui existent au nord, au nord-est et au nord-ouest de l'Adar-Doutchi, montrent la grande extension des formations maestrichtiennes dans le Soudan. Ces dernières se reliaient à celles qui sont si bien développées dans le nord de l'Afrique, dans la Tripolitaine et dans l'Egypte.

Boutoutou. — Le village de Boutoutou est à 75 kilomètres environ au sud de Bouza et à plus de 50 kilomètres des affleurements maestrichtiens les plus méridionaux de l'Adar-Doutchi.

De Lapparent [71] a signalé, venant de cette localité et rapporté par la mission Moll, un grès ferrugineux dans lequel abondent des empreintes de coquilles. Dans une forme, M. Douvillé a reconnu les traits distinctifs du genre *Protho* et des analogies avec *Proto rotifera* du Miocène français. Dans une lumachelle formée de coquilles, abondent des empreintes d'une *Cardita* rappelant une espèce du Miocène supérieur du Cotentin.

Dans des débris de végétaux provenant du même endroit, et renfermés dans un schiste sableux, M. Zeiller a signalé des empreintes de Fougères et de Dicotylédones.

Malgré plusieurs jours de recherches, je n'ai pas pu retrouver ces formations. Tout autour de Boutoutou et dans les environs des deux villages, assez rapprochés, qui portent ce nom, je n'ai pas vu de débris de formations ferrugineuses.

Le sol est formé par des sables argileux rougeâtres, appartenant, selon toute évidence, au même niveau géologique que les terrains fossilifères de l'Adar-Doutchi.

Les formations grésio-ferrugineuses fossilifères signalées à Boutoutou ne peuvent provenir que de l'ancien chapeau que l'érosion a démolé depuis longtemps et dont je n'ai pas pu retrouver de traces.

IV. — Les formations sablo-argileuses maastrichtiennes.

Généralités. — Les dépôts calcaires maastrichtiens de l'Adar-Doutchi, nous venons de le voir, ne se montrent pas, vers l'ouest, jusqu'au méridien de Tahoua, tandis qu'ils s'arrêtent à moins de 30 kilomètres au sud du parallèle de Bouza, pour se continuer par des sables argileux.

Sur le bord occidental de l'Adar-Doutchi, les formations fossilifères, nous l'avons déjà dit, affleurent de moins en moins haut, au-dessus du fond des vallées, et finissent par ne plus se montrer.

Je ne sais si elles se prolongent bien loin vers l'ouest. En tout cas, soit dans les vallées, soit par les puits creusés dans le fond de ces vallées, nulle part je n'ai pu constater leur existence en profondeur.

Partout, à l'ouest de l'Adar-Doutchi, jusqu'au Niger, le sol est formé par des sables argileux à peu près toujours identiques à eux-mêmes.

Pour des raisons purement stratigraphiques, je considère les dépôts sablo-argileux qui continuent vers l'ouest les formations fossilifères de l'Adar-Doutchi comme ayant le même âge que celles-ci, c'est-à-dire comme étant maastrichtiennes.

Malgré l'absence de documents paléontologiques, je range dans le Maastrichtien les sables argileux et le chapeau grésio-ferrugineux qui surmontent les formations fossilifères (calcaires et argiles) de l'Adar-Doutchi, et les formations de même nature qui leur font suite vers l'ouest, jusqu'au Niger.

L'étude que j'ai faite de ces formations dans la falaise de Dogondoutchi et dans le puits creusé au pied de cette falaise, dans le fond du dallol Maouri, en donnera la constitution à peu près générale.

L'étude de la colline de Combo, sur les bords du Niger, à côté de Gaya, montrera que ces formations deviennent un peu gréseuses vers l'ouest, ce qui se comprend parce qu'on est plus près du bord cristallin dahoméen de la grande fosse dans laquelle se sont accumulés les dépôts détritiques du Crétacé supérieur.

Dogondoutchi. — A Dogondoutchi, la falaise qui domine le dallol Maouri, sur son bord oriental, possède la constitution suivante (fig. 38) :

- 1° A la base, argiles sableuses rougeâtres, 10 mètres;
- 2° Argiles sableuses jaunâtres, 10 mètres;

3° Argiles sableuses rougeâtres, 20 à 25 mètres ;

4° Au sommet, formant chapeau, grès ferrugineux rouge foncé, 4 à 5 mètres.

Un certain nombre de buttes, plus ou moins démolies, c'est-à-dire ne possédant qu'une ou plusieurs des formations que nous venons de signaler dans la falaise, ont été séparées et isolées du plateau par l'érosion.

Des ravins, vrais cañons en miniature, de 1 à 2 mètres de large et de même profondeur, entaillent les flancs de la falaise et se prolongent, pendant quelques centaines de mètres, dans la plaine, où ils cessent d'exister après que l'eau, qui les parcourait au moment des tornades, a été totalement absorbée par le sol.

Le puits qui vient d'être creusé à côté du poste, sur le bord de la vallée, a près de 30 mètres de profondeur. D'après l'adjudant Bœuf,



Fig. 38. — COUPE EST-OUEST DE KAOUARD A DOGONDOUTCHI,
DANS LE MAOURI.

1, sables argileux ; 2, grès ferrugineux.

qui a surveillé les travaux, ce puits traverse d'abord 5 à 6 mètres de sables fins, meubles, ayant été lavés et roulés par les eaux, les mêmes que ceux que l'on observe dans le fond de la vallée, et provenant sans aucun doute de la démolition de la falaise. Après avoir traversé des argiles sableuses blanchâtres, sur une vingtaine de mètres, il s'arrête enfin dans une argile blanche, happant à la langue, qui forme un niveau étanche. L'eau, très abondante, se maintient toujours au même niveau, à 2 mètres environ au-dessus du fonds du puits.

Le puits où s'alimente le village et qui est un peu plus au nord, a la même profondeur.

Le nouveau puits de Banizombou, creusé tout récemment dans un léger sillon de quelques mètres de profondeur, probablement la partie supérieure du dallol Fogha, a environ 70 mètres. D'après les indigènes qui l'ont creusé, et qui m'ont montré les déblais qu'ils en avaient retirés, ce puits a traversé successivement :

1° Des sables superficiels, 3 mètres ;

2° Des débris de grès ferrugineux (blocs, graviers) provenant de l'ancienne falaise, 10 mètres ;

3° Des argiles sableuses jaunâtres, 50 mètres ;

4° Des sables fins, blanchâtres, dans lesquels se trouve la nappe aquifère, 5 mètres.

L'ancien puits de Banizombou, qui est à 5 kilomètres environ au nord-ouest et qui est creusé dans une vallée de 15 à 20 mètres, n'a que 50 mètres de profondeur.

La falaise du Niger à Sanafina. — A Sanafina, sur la rive gauche du Niger, face à Karimama, j'ai relevé la coupe suivante (fig. 39) à la hauteur de l'affleurement de pegmatite que j'ai déjà décrit :

1° La pegmatite, à grands éléments et à grands cristaux de tourmaline, forme un petit ressaut de quelques mètres, au-dessus et au-dessous duquel se trouvent des éboulis qui masquent le contact de cette pegmatite avec les formations sous-jacentes ou supérieures.

2° Des argiles sableuses, blanc jaunâtre, happant à la langue, et un peu ferrugineuses, enveloppent ce petit affleurement de pegmatite. Elles se voient dans le fond de la vallée, où elles forment les berges du marigot, et elles apparaissent au-dessus des éboulis qui masquent toute la base de la falaise.

3° Des grès jaunâtres qui viennent ensuite ont environ un mètre d'épaisseur.

4° Ils sont surmontés par un banc de poudingue, de quinze centimètres de puissance, dont les éléments, un peu anguleux, ne dépassent pas la grosseur d'une noix, et dont le ciment est ferrugineux.

5° Des grès jaunâtres, renfermant de petits graviers, se développent de nouveau sur 5 à 6 mètres de hauteur.

6° Enfin, un chapeau de grès ferrugineux rouge sombre, à grain fin, sans trace de stratification, et épais de 6 à 8 mètres, coiffe le tout et forme plateau.

Colline de Combo. — On donne le nom, bien impropre, de colline de Combo, à un petit lambeau de la falaise qui domine la vallée



Fig. 39. — COUPE DE LA FALAISE SITUÉE AU NORD DE SANAFINA, PRÈS DU NIGER.

- 1, pegmatite ; 2, argiles sableuses ; 3, grès ; 4, poudingues à ciment ferrugineux ; 5, grès poudinguiiformes ; 6, grès ferrugineux ; 7, éboulis.

du Niger. Cette colline est à un kilomètre environ en amont de Gaya ; elle a de 30 à 40 mètres de haut. Son étude (fig. 40) donnera une idée de la constitution de toute la falaise de la rive gauche du Niger, depuis la région des coudes de ce fleuve jusqu'à la frontière.

1° La base est constituée par des grès rougeâtres, jaunâtres, en lits assez bien stratifiés, et ayant une puissance de 15 à 20 mètres.

2° Des argiles sableuses, sans trace de stratification, et ayant la même épaisseur, surmontent ces grès ; elles sont jaunes, rouges, bariolées, suivant les points observés.

3° La colline de Combo, comme toute la falaise qui domine le Niger, en aval de la chaîne de l'Atacora, est coiffée par un chapeau

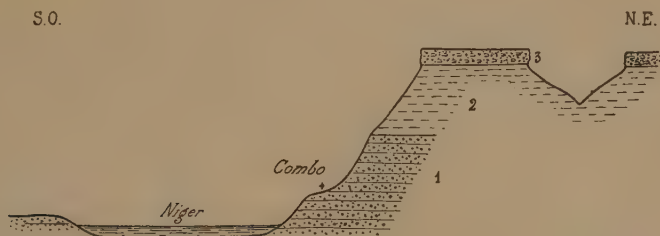


Fig. 40. — COUPE NORD-EST-SUD-OUEST A TRAVERS LA COLLINE DE COMBO ;
SUR LE BORD DU NIGER.

1, grès ; 2, argiles sableuses ; 3, poudingues à ciment ferrugineux.

de poudingues, à ciment ferrugineux rougeâtre, ayant ici près d'un mètre d'épaisseur. Les cailloux roulés qui constituent ce poudingue sont en quartzite et ne dépassent pas la grosseur d'un œuf de poule.

Plus au sud, le chapeau poudinguiforme a, par endroits, 3 à 4 mètres d'épaisseur.

• • •

A une quinzaine de kilomètres au nord-est de Gaya, à peu près à égale distance entre les villages de Tara et de Kouanzé, il existe, sur les bords du Niger, une petite butte dont la nature et la structure sont totalement différentes de celles du reste de la falaise.

Cette butte (fig. 41), complètement isolée par l'érosion, et qui a une vingtaine de mètres de haut, est constituée par des grès et des poudingues, dont les galets de quartzite ont, en moyenne, la grosseur d'un œuf de poule. Ces galets ne sont pas complètement arrondis, mais ils ont leurs arêtes fortement émoussées.

Les grès et les poudingues sont en bancs assez réguliers et plongent vers le nord-ouest de 30° à 40°.

A cause des éboulis qui s'étendent à la base de cette butte, il ne m'a pas été possible de voir si cette formation se poursuit vers l'est, sous le plateau gréseux et sablo-argileux qui lui fait suite.

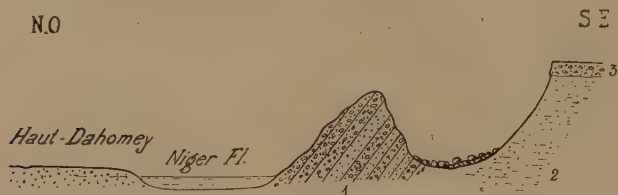


Fig. 41. — COUPE RELEVÉE SUR LA RIVE GAUCHE DU NIGER A UNE QUINZAINE DE KILOMÈTRES EN AMONT DE GAYA.

1, alternance de bancs de grès et de poudingues ; 2, grès ; 3, poudingue à ciment ferrugineux.

Est-elle le reste d'une ancienne falaise ou bien est-elle un ancien îlot autour duquel les grès et les sables argileux seraient venus se déposer ? Je l'ignore, et je ne veux formuler aucune hypothèse ; je me contente de signaler le fait.

V. — Phénomènes orogéniques.

Les formations détritiques et calcaires du Soudan sont à une altitude de 400 mètres environ dans le Damergou, et de 180 mètres en moyenne, sur les bords du Niger, à 700 kilomètres plus à l'ouest. Elles forment une nappe continue qui est presque horizontale, leur pente étant environ $1/3000^{\circ}$.

En un seul point de cette immense région, à Gongomé, à une trentaine de kilomètres à l'est de Tessaoua, sur le chemin de Zinder, j'ai vu ces formations sédimentaires un peu dérangées de leur presque horizontalité. A 500 mètres environ à l'ouest de la case des passagers, sur 200 à 300 mètres, les grès qui forment les berges d'une vallée sèche sont, en effet, un peu redressés et plongent de 10° à 15° vers le nord-ouest.

Les mouvements du sol, sans doute de grande amplitude, qui ont amené le Soudan dans sa position actuelle, sont encore à déterminer, tant dans leur localisation géographique que dans leur âge.

VI. — Résumé géologique.

La structure géologique des régions soudanaises de la rive gauche du Niger est simple : à la base, un soubassement cristallophyllien ou cristallin, et au-dessus, des formations détritiques sablo-argileuses pouvant avoir, par endroits, plus d'une centaine de mètres d'épaisseur, et au milieu desquelles sont intercalés des dépôts calcaires fossilifères dans le Damergou et dans l'Adar-Doutchi.

Le soubassement, qui est formé par des roches cristallophylliennes et par des roches granitiques, n'affleure qu'en un petit nombre de points, sur les bords du Niger, et, tout à fait à l'est, dans le Zamfara et le Katséna, et dans les régions de Zinder et du Mounio.

Les roches granitiques des environs de Zinder et celles du Mounio sont alcalines et caractérisent une province pétrographique très nette.

Ces roches alcalines, contrairement à ce que pense M. Chudeau, ne sont pas tertiaires. Etant recouvertes par des formations sablo-argileuses turoniennes, en stratification très normale, elles se sont donc mises en place antérieurement au Turonien.

Les formations calcaires du Damergou sont turoniennes. Appartiennent également au Turonien les grès de l'Alakos et du Koutous, et au Turonien et au Sénonien — moins le Maestrichtien — toutes les formations sablo-argileuses qui s'étendent à l'ouest du Damergou, jusqu'à l'Adar-Doutchi.

Les formations sédimentaires fossilifères de l'Adar-Doutchi sont maestrichtiennes et non éocènes, comme on le croyait, et les sables argileux qui leur font suite, vers l'ouest, jusqu'au Niger, sont du même âge.

Malgré le manque de fossiles, je rapporte au Maestrichtien le chapeau grésio-ferrugineux et les sables argileux, venant immédiatement au-dessous, que l'on rencontre dans l'Adar-Doutchi et dans les régions situées à l'ouest de ce dernier.

Par les nombreux autres gisements maestrichtiens qui existent dans le Soudan, les formations de l'Adar-Doutchi se relient à celles de la Tripolitaine et de l'Égypte.

Il n'est pas encore possible de déterminer et de fixer l'âge des phénomènes orogéniques qui ont affecté les formations sédimentaires crétacées supérieures du Soudan.

DEUXIÈME PARTIE

LE BASSIN INTÉRIEUR

DU TCHAD

DEUXIÈME PARTIE

LE BASSIN INTÉRIEUR DU TCHAD

Généralités. — Du vaste bassin tchadien, qui s'étend au cœur de l'Afrique, la partie centrale, celle occupée par le lac actuel, la partie méridionale, ou bassin du Chari, et la partie occidentale, ou bassin de la Komadougou, sont à peu près connues dans leurs grandes lignes.

Par contre, les régions qui occupent la partie orientale et la partie septentrionale, vers le Djourab, l'Ouadaï, le Mortcha, l'Ennedi, le Borkou, le Tibesti, sont presque totalement inexplorées.

Des immenses territoires qui appartiennent à ce bassin, j'ai pu étudier seulement le lac Tchad et ses environs, la partie du bassin de la Komadougou qui se trouve en territoire français, et les régions qui sont situées à l'est et au nord-est du Tchad, jusqu'à une centaine de kilomètres environ du Borkou.

Toutes les régions que j'ai visitées sont recouvertes par un puissant manteau de sables, d'origine dunaire, à peu près fixés aujourd'hui par la végétation, sauf dans les contrées les plus orientales (Egueï, Bodelé), en avant du Borkou, où les dunes mobiles sont encore nombreuses.

Je n'ai observé le soubassement cristallin de cette épaisse nappe de sables qu'en deux endroits, à Gamedou, à 100 kilomètres environ à l'est du Mounio et à 200 kilomètres en deçà du Tchad, et à Hadjer el Hamis, sur le bord méridional du Tchad, à une trentaine de kilomètres à l'est de l'embouchure du Chari.

Dans les régions situées au delà de celles que j'ai visitées, il a été signalé plusieurs affleurements de roches cristallines et schisto-cristallines.

Un certain nombre de pointements rocheux émergent des sables à 150 kilomètres environ au sud-est du Tchad, entre celui-ci et le lac Fitri. M. Courtet [*in* 9] a décrit les granites à deux micas et à microcline de N'Goura; le capitaine Freydenberg [42, p. 177], ceux de Moïto et d'Yao. On m'a dit qu'il existe d'autres affleurements de roches à Aouni et à Sayal, dans la même région.

Des granites venant du Mortcha et du Borkou m'ont été remis par le lieutenant Ferrandi.

Tout récemment, les capitaines Schneegans et Bourreau ont donné au Laboratoire de Minéralogie du Muséum des roches granitiques et cristallophylliennes qu'ils avaient recueillies dans l'Ouadaï et que mon maître, M. Lacroix, m'a chargé d'étudier.

Enfin, rappelons que le lieutenant Ayasse a rapporté de Beduaram, qui est à 160 kilomètres environ au nord du Tchad, et d'Agadem, qui est à une centaine de kilomètres plus loin, des basaltes que le capitaine Freydenberg a étudiés [41].

Plan d'étude. — Des régions du bassin intérieur du centre de l'Afrique, les unes n'avaient pas été étudiées; sur les autres, on n'avait que des renseignements très incomplets. Leur exploration m'a donné des renseignements intéressants aux divers points de vue géographique, géologique, minéralogique et malacologique. Dans cette étude, j'examinerai successivement :

1° Le lac Tchad dans sa constitution, dans ses variations de niveau et d'étendue, dans son ancienne extension et dans son origine ;

2° Les régions situées à l'ouest du Tchad ;

3° Les pays qui s'étendent au nord, dans la direction de Bilma, et à l'est et au nord-est du Tchad, jusqu'à une centaine de kilomètres seulement du Borkou ;

4° Enfin, je décrirai sommairement les régions situées plus loin encore (Djourab, Borkou, Ennedi, Mortcha, Ouadaï) en utilisant les matériaux et les renseignements qu'en ont rapportés les quelques officiers qui les ont visitées, lors des rezzous et des contre-rezzous qu'ils y ont effectués.

I. — Le Lac Tchad.

1. — Généralités sur le lac Tchad.

Forme. Etendue. Profondeur. — Le lac Tchad, envisagé dans sa partie qui est d'ordinaire recouverte par les eaux, figure grossièrement, comme le montre la carte dressée par mes camarades de la mission Niger-Tchad (mission Tilho), une grande étoile à trois branches, aux pointes arrondies, dont deux grandes et une petite (1).

Cette dernière s'enfonce vers le sud, entre le Bornou anglais, à l'ouest, et le Bornou allemand, au sud-est.

Des deux grandes branches du Tchad, l'une est dirigée vers l'est, et baigne des terres françaises; l'autre, orientée vers le nord-ouest, s'avance d'abord entre nos possessions et les possessions anglaises du Bornou, puis elle s'étale largement en territoire français.

La portion étranglée du Tchad, qui sépare la partie septentrionale du lac des parties méridionale et orientale, bien qu'envahie par une végétation lacustre presque partout impénétrable, ne représente ni barrage, ni haut-fond. Le lieutenant de vaisseau Audoin, qui l'a explorée au commencement de 1908, a observé que les eaux qui la recouvrent ont sensiblement la même hauteur que dans les autres régions du Tchad.

Bien que le Tchad ait une forme générale assez nette, il ne possède pas des contours bien définis. Je n'ai constaté une rive assez régulière, avec une plage sablonneuse, en pente très douce, qu'en un seul des nombreux endroits où je l'ai vu, dans la région de Bosso, immédiatement au nord de l'embouchure de la Komadougou.

Partout ailleurs, où je l'ai visité, notamment vers le nord, l'est, le sud-est, son bord est très découpé, très déchiqueté, le lac envoyant dans l'intérieur des terres un grand nombre de bras, de « bahrs », comme on dit dans le pays.

Le Tchad mesure environ 800 kilomètres de tour. Ses plus grandes dimensions, du nord au sud, et de l'est à l'ouest, ont près de 200 kilomètres.

(1) Cette belle carte se trouve reproduite dans *La Géographie*, t. XXI, 1910.

D'après les calculs du lieutenant de vaisseau Audoin, la surface totale de la cuvette serait de 24.000 kilomètres carrés (1).

La profondeur du Tchad est de 1^m 50 en moyenne avec des maximum de deux à trois mètres. Dans ces conditions, ce lac peut être considéré comme ayant un fond absolument plat.

Affluents du Tchad. — Le Tchad est alimenté par un certain nombre d'affluents. Les deux principaux sont la Komadougou et le Chari.

1° La Komadougou vient de l'ouest, du Bornou anglais. Elle ne coule que pendant les cinq derniers mois de l'année.

2° Le Chari, avec son tributaire le Logone, vient du sud. Il roule de l'eau toute l'année, mais il est soumis à de grandes crues pendant la saison de pluies. A la fin de l'année 1909, qui avait été très pluvieuse, son niveau s'était élevé de près de neuf mètres à Fort-Lamy.

Aspect général du Tchad. — Avec une si mince nappe d'eau, soumise, suivant la saison et suivant l'année, à des variations de niveau assez grandes, le Tchad, dans la plus grande partie de son étendue, a plutôt l'aspect d'un vaste marécage que celui d'un vrai lac.

Dans toutes les parties où il y a de l'eau, ce sont îles de sable, plus ou moins exondées, et hauts-fonds sableux. Parmi ces derniers, les uns sont toujours immergés, et les autres sont tantôt immergés, tantôt émergés, suivant la saison, mais ils sont presque toujours recouverts d'un manteau de plantes aquatiques (roseaux et ambachs, *Hermanniera elaphroxylon*, principalement) qui sortent des eaux et qui rendent en beaucoup d'endroits la traversée du lac parfois impossible.

Ce sont d'anciens îlots et hauts-fonds, identiques à ceux dont nous venons de parler, qui constituent les nombreux petits monticules de sables que l'on observe dans la partie, récemment et temporairement asséchée, du nord du Tchad.

Les eaux libres sont peu étendues et existent principalement dans la partie méridionale du Tchad, vers l'embouchure du Chari. Quand on a quitté la région des îles et des prairies de roseaux qui recouvrent les hauts-fonds du lac et quand, de toutes parts, on ne voit qu'une immense nappe d'eau autour de soi, on a la sensation de se trouver en pleine mer. L'illusion est plus complète, si les vents soulèvent des

(1) Pour toutes ces données, voir AUDOIN, *La Géographie du Tchad, Documents scientifiques recueillis par la mission Tilho*, t. I, p. 1.



Fig. 42. — COUPE SCHEMATIQUE EST-OUEST A TRAVERS LE LAC TCHAD.
1, sables dunaires ; 2, argiles grisâtres.

vagues de 15 à 20 centimètres de haut, comme cela eut lieu lors de l'excursion que je fis dans cette partie du Tchad, en février 1908.

a) *Iles*. — Sur toute sa bordure orientale, le Tchad est parsemé de nombreuses îles de sable sensiblement allongées nord-sud et pouvant avoir en moyenne de 4 à 5 kilomètres de long sur 1 à 2 kilomètres de large.

A part la nappe d'eau continue qui les environne, et la ceinture de roseaux et, souvent, d'arbustes aquatiques (ambachs, notamment) qui les entoure, rien ne distingue ces îles, comme aspect physique, des presqu'îles qui les avoisinent et des monticules de sable qui se dressent plus à l'est dans l'intérieur du pays.

Près de la terre ferme (fig. 42), ces îles de sable ont jusqu'à 10 et 12 mètres de hauteur. Cette dernière diminue à mesure qu'on avance vers l'ouest, c'est-à-dire qu'on pénètre plus avant dans l'intérieur du lac.

A une certaine distance de la côte orientale, les îles sont tantôt immergées, tantôt émergées, suivant le niveau du Tchad.

b) *Hauts-fonds*. — A partir d'une certaine distance de la rive orientale du Tchad, les îles sont sous les eaux et constituent des hauts-fonds, ce que le lieutenant de vaisseau Audoin [2] appelle des « îlots bancs » et, improprement, des « îlots en formation ».

Les formes de ces hauts-fonds, ou îles sous-lacustres, sont très bien figurées par les forêts d'ambachs et les prairies de roseaux ou de plantes aquatiques qui poussent à leur surface.

La zone des hauts-fonds, avec végétation lacustre souvent impénétrable, existe dans la partie occidentale du Tchad. Son envahissement par les plantes aquatiques ne date que de quelques années, car en 1903, c'est-à-dire cinq ans auparavant, le lieutenant de vaisseau Audoin avait constaté que les eaux étaient partout libres.

Au-dessous d'une certaine profondeur, plus de végétation aquatique, et on est dans la région

des eaux libres ; ces dernières, comme nous l'avons déjà indiqué, se trouvent principalement vers l'embouchure du Chari.

c) *Carrefours*. — De vastes carrefours (fig. 43), ordinairement occupés par les eaux et souvent libres dans leur partie centrale, s'ouvrent entre ces îles. Ils sont toujours compris entre trois ou quatre de ces dernières. Certains d'entre eux sont parfois assez étendus.



Fig. 43. — ILOTS, CARREFOURS ET CHENAUX OU BAHRS DE L'ARCHIPEL DES KOURIS, AU SUD DE BOL.

Les îlots des environs de Bol ont une douzaine de mètres de haut ; les carrefours sont de grands espaces, occupés par les eaux, qui s'ouvrent entre plusieurs îlots, trois ou quatre ; les bahrs ou chenaux sont des passages étroits compris entre deux îlots seulement.

Les îlots des environs de Bol ont une douzaine de mètres de haut ; les carrefours sont de grands espaces, occupés par les eaux, qui s'ouvrent entre plusieurs îlots, trois ou quatre ; les bahrs ou chenaux sont des passages étroits compris entre deux îlots seulement.

d) *Chenaux ou « Bahrs »*. — Des chenaux étroits (fig. 44), des bahrs, comme on dit dans la région, dépassant rarement 200 à 300 mètres de large, relient ces carrefours entre eux. Ils sont toujours ouverts entre deux îles. Quand celles-ci sont placées côte à côte, les bahrs sont orientés nord-sud ; quand elles sont à peu près situées dans le prolongement l'une de l'autre, les bahrs, au contraire, sont orientés nord-est ou nord-ouest.

Trois ou quatre chenaux, ou bahrs, débouchent ordinairement dans le même carrefour.

Ces chenaux sont aussi occupés par les eaux qui, d'ordinaire, y sont moins profondes que dans les carrefours.

Beaucoup d'entre eux sont envahis ou en partie occupés par les ambachs et les roseaux qui croissent sur les bords des îles.

En 1908, lors de mon passage, on pouvait distinguer quatre zones bien caractéristiques dans le lac Tchad :

1° Sur le bord oriental, la *zone des archipels*, dont les nombreuses îles de sable sont séparées par des carrefours et des chenaux et sont ordinairement entourées par une ceinture de plantes aquatiques, ambachs et roseaux principalement ;

2° Au sud, vers l'embouchure du Chari, la *zone des eaux libres*, sans îles, et sans végétation lacustre établie à la surface des hauts-fonds ;

3° Sur le bord occidental, la *zone des marais*, actuellement envahie par une végétation lacustre presque impénétrable, alors que, en 1904,

le lieutenant de vaisseau Audoin l'avait parcourue librement en baleinière;

4° Enfin, dans la partie septentrionale, la *zone asséchée*, temporairement, où se voit la constitution intime du lac Tchad, avec un fond à peu près plat, qu'accidentent à peine, vers l'ouest, de petits monticules de sables (d'anciens hauts-fonds), et que surmontent, vers l'est, d'assez gros mamelons de sables (d'anciens îlots sableux).

Il suffira d'une faible crue du Tchad pour que cette dernière zone soit envahie de nouveau par les eaux et pour qu'elle redevienne navigable, avec des îles à l'est, et des hauts-fonds vers l'ouest.



Fig. 44. — BAHRS OU CHENAUX A L'INTÉRIEUR DU TCHAD.

L'un est libre, avec sa bordure de roseaux, et l'autre est à peu près complètement envahi par la même végétation.

Le capitaine Tilho [99] a également distingué quatre zones différentes dans le Tchad, mais il les désigne, sauf la dernière, par des appellations un peu différentes des miennes ; *Zone lagunaire*, pour la partie orientale ; *zone navigable*, pour la partie méridionale ; *zone marécageuse*, pour la partie occidentale, et *zone asséchée*, pour la partie septentrionale.

Nature du fond du Tchad. — Tout l'intérieur de la cuvette du Tchad, c'est-à-dire toutes les parties occupées en temps ordinaire par les eaux, sauf les hauts-fonds les plus élevés, est tapissé par une couche plus ou moins épaisse d'argiles bleuâtres.

Dans les parties récemment asséchées du Tchad, ces argiles, sous l'action du soleil, se fendillent, se crevassent, puis se cassent et s'émiettent.

Les crevasses qui prennent ainsi naissance peuvent avoir jusqu'à 15 et 20 centimètres de large et plus d'un mètre de profondeur. Elles

rendent dangereuse, et presque impossible, la traversée des régions où elles existent.

J'ai recueilli de ces formations argileuses en différents points de la partie nouvellement émergée du nord du Tchad. Elles ont à peu près partout la même composition. Formées presque uniquement de particules très ténues, ces argiles ont été amenées, tenues en suspension, par les affluents du Tchad. Ensuite, en eau tranquille, elles se sont déposées au fond de la cuvette. Le léger vernis argileux grisâtre qui recouvre de nombreux hauts-fonds sableux, récemment émergés, a la même origine.

Ces argiles renferment quelques petits grains microscopiques de quartz ; ceux-ci sont retombés dans le lac après avoir été enlevés par les vents aux formations dunaires de la bordure orientale.

Elles sont, en outre, très faiblement calcaires, car, traitées par les acides, elles donnent lieu à une petite effervescence de courte durée. Cette dernière substance pourrait avoir pour origine les sédiments argilo-calcaires qui existent, en de si nombreux points, dans les régions situées au nord-est du Tchad, et que les vents auraient emportés lors des tornades.

L'épaisseur de ces dépôts argileux est variable suivant les endroits. Près des îles, contre les berges desquelles elles s'adossent, ces argiles ont une faible épaisseur. Au centre des carrefours, elles sont plus puissantes.

Sur la piste de Bosso à Kouloa, elles ont plus de deux mètres d'épaisseur, car les puits de un à deux mètres qu'on avait creusés dans cette formation, n'atteignaient pas le fond. Un puits que le lieutenant Mercadier fit creuser plus au sud s'enfonça de 5 mètres dans ces mêmes argiles sans atteindre leur base. Un autre puits, creusé dans les mêmes parages par le lieutenant Vignon, resta toujours dans les argiles.

2. — Partie asséchée du nord du Tchad.

De Kouloa à N'Guigmi à travers le fond du Tchad. — Le trajet de N'Guigmi à Kouloa, du bord oriental du Tchad à son bord occidental, à travers la partie asséchée du nord de ce lac, m'a permis de me faire une idée de la structure du fond de cette vaste dépression.

Le lieutenant de vaisseau Audoin [2], en 1903, et le capitaine Tilho [97], en 1904, y avaient circulé en baleinière par des fonds d'eau de 1 mètre à 1 m. 50.

Vers Kouloa, le système tchadien, tel que nous l'avons défini, avec ses îles de sable, que séparent des carrefours et des chenaux, ou bahrs, est très net.

Les îles de sable, dont la surface est à peu près plane, ont 6 à 7 mètres de hauteur. Elles ont été autrefois recouvertes par les eaux, comme je le montrerai un peu plus loin, quand j'étudierai les environs de Kouloa. Leur émergence ne doit pas être trop ancienne, car elles n'ont pour toute végétation que des Oschars (*Caloptris procera*), les arbustes épineux n'ayant pas encore eu le temps de s'y établir.

À l'ouest de Djagaya, à moins de 15 kilomètres de Kouloa, le sol de certaines de ces îles, les plus basses, est revêtu d'un léger enduit argileux noirâtre. Cette région a donc été recouverte par les eaux. En outre, de nombreuses coquilles variées jonchent le sol un peu partout. Les bahrs, par place, sont occupés par des roseaux de trois à quatre mètres de haut.

Au delà de Kiaoua, qui était émergé, en 1904, quand le capitaine Tilho y passa, les îlots de sable sont moins élevés et parfois à peine indiqués.

Des roseaux qui s'observent encore sur certains de ces îlots prouvent d'une façon évidente que les eaux n'ont cessé de les recouvrir que depuis peu.

Dans les environs de Garoa, à 35 kilomètres de Kouloa, où le système tchadien est encore très net, les îlots de sable se relèvent un peu et ont de 3 à 4 mètres de hauteur.

À la surface de l'îlot qui supporte ce village, j'ai recueilli de nombreuses coquilles parmi lesquelles M. Germain a reconnu :

Physa (Isodora) strigosa MARTENS

Physa (Isodora) tchadiensis GERMAIN

Vivipara unicolor OLIVIER

Bythinia (Gabbia) Neumanni MARTENS

Melania tuberculata MÜLLER

Unio (Nodularia) Lacoini GERMAIN

Corbicula Lacoini GERMAIN.

Vers le puits de Mandara, les îlots sont encore moins élevés et moins étendus. Ils ont seulement de 1 m. 50 à 2 mètres de hauteur. Ils ont presque toujours été sous les eaux, car leur surface est recouverte d'un vernis bleuâtre de dépôts argileux.

Plus loin, jusqu'à N'Guigmi, le fond du Tchad n'est plus accidenté que par de faibles dépressions.

À N'Guigmi, le Tchad ne présente pas de plage sablonneuse comme vers Bosso.

Dans toutes les dépressions de cette partie nord-ouest du Tchad,

qui avoisine N'Guigmi, les dernières asséchées, ainsi que le constata le capitaine Freydenberg [39], croissent des prairies de roseaux dont la couleur vert foncé tranche très nettement sur la teinte grisâtre du sol environnant.

De l'embouchure de la Komadougou au bord nord-est du Tchad. — Le récent assèchement de la partie septentrionale du Tchad permettait, en 1907-1908, de se rendre directement de Bosso, près de l'embouchure de la Komadougou, au bord nord-est de ce lac. C'était une traversée intéressante, de plus de 80 kilomètres en ligne droite.

De part et d'autre de l'embouchure de la Komadougou, une bordure d'arbustes épineux, de quelques centaines de mètres de large, limite la cuvette du Tchad.

Immédiatement après cette bordure végétale, vient une plage sablonneuse dont le sol, à la pente très douce, est jonché de coquilles:

Cleopatra bulimoides KÜSTER, var. *Richardi* GERMAIN

Vivipara unicolor OLIVIER

Melania tuberculata MÜLLER

Unio (Nodularia) Lacoini GERMAIN

Corbicula Lacoini GERMAIN

Corbicula sp.

Quelques kilomètres plus loin, on est en plein dans le fond vaseux du Tchad.

Sur une vingtaine de kilomètres, jusqu'au delà du lieu dit Bolakolé, le sol est à peu près uni ou légèrement accidenté par de petits mamelons, atteignant à peine un mètre de hauteur. Par endroits, également, on rencontre quelques petites cuvettes, à peine sensibles, où ont séjourné les dernières flaques d'eau avant l'assèchement complet du lac.

Le sol est constitué par des argiles bleuâtres très fendillées, à mon passage, par l'action du soleil. Des crevasses très irrégulières, pouvant avoir 10 centimètres de large et plus d'un mètre de profondeur, sillonnaient le sol. La piste, qui est battue, est seule praticable. Toute la région est marécageuse pendant la saison des pluies, et même longtemps après.

Dans ce sol argileux poussent de grands roseaux de 4 à 5 mètres, auxquels sont associées quelques herbes, qui en rendent la traversée presque impossible autre part que sur la piste. On se sent comme emprisonné, étouffé dans ce couloir étroit aux nombreux détours, où

L'on marche des heures entières sans que le regard puisse s'étendre à plus de quelques mètres seulement.

Des trous de 1 m. 50 à 2 mètres, creusés dans cette formation argileuse, donnent de l'eau en abondance. Celle-ci suinte en filets minces le long des parois du puits. Elle n'est pas trop désagréable à boire, malgré son goût natronné.

Quelques kilomètres après Bolakolé, jusqu'aux anciennes pêcheries de Kindjiria, qui sont à peu près à égale distance de Bosso et de Kouloa, le sol devient un peu plus accidenté.

Au fond plat, à peu près uni, que nous avons déjà décrit, font suite des alternances de légères élévations et de faibles dépressions. Leur différence de niveau, qui est de 1 mètre à 2 mètres, augmente très sensiblement à mesure qu'on se rapproche du bord oriental du Tchad ; vers Kindjiria, elle atteint 2 à 3 mètres.

Les parties surélevées sont formées par des sables et représentent d'anciens îlots qui étaient tantôt émergés, tantôt immergés, suivant le niveau des eaux.

Le sol sableux de ces îlots est jonché de nombreuses coquilles variées. Poussées par les vents, celles-ci vont s'accumuler sur le bord occidental des îlots, dans les endroits abrités, où elles forment des amoncellements parfois assez puissants :

Planorbis sudanicus MARTENS

Planorbis Bridouxii BOURGUIGNAT

Physa (Isodora) strigosa MARTENS

Physa (Isodora) tchadiensis GERMAIN

Limnæa africana RÜPPEL

Limnæa Vignoni GERMAIN

Bythinia (Gabbia) Neumanni MARTENS

Melania tuberculata MÜLLER

Unio (Nodularia) Lacoini GERMAIN

Mutelina rostrata RANG

Corbicula Lacoini GERMAIN

Lunicolaria connectens MARTENS.

Un peu à l'ouest de Kindjiria, j'ai observé à la surface d'un de ces îlots, au milieu des sables, une petite formation blanchâtre, très friable, de nature calcaire, qui renfermait de nombreuses petites coquilles.

A Kindjiria même, le lieutenant de vaisseau Audoin a observé une formation identique. Dans les échantillons que nous avons recueillis l'un et l'autre se trouvaient :

Planorbis Bridouxii BOURGUIGNAT

Planorbis Bridouxii BOURG. var. *major* GERMAIN

Physa (Isodora) strigosa MARTENS

Limnæa africana RUPPEL

Vivipara unicolor OLIVIER

Unio (Nodularia) Lacoini GERMAIN

Corbicula Lacoini GERMAIN.

Les dépressions qui s'étendent autour de ces îlots sont occupées par des argiles bleuâtres, desséchées et crevassées, comme celles que nous avons décrites plus à l'ouest, et parfois superficiellement émiettées. Un léger vernis grisâtre d'argile coiffe certaines des îles, les moins élevées, et témoigne qu'elles ont été immergées.

L'eau se rencontre toujours à peu près à la même profondeur, c'est-à-dire entre 1 m. 50 et 2 mètres.

La végétation uniforme que nous avons déjà rencontrée a commencé à se différencier. Les roseaux qui poussaient partout n'existent plus que dans les dépressions, autour des îlots. Les Oschars (*Caloptris procera*) ont pris possession des îlots sableux; les aigrettes dont sont pourvues leurs graines aident à cette rapide dissémination.

Après Kindjiria, c'est toujours le même paysage, c'est-à-dire alternance d'îles sableuses et de dépressions au fond argileux. Les îles, dont les berges sont très nettes, sont ordinairement orientées nord-sud, quelquefois nord-ouest-sud-est. Elles ont parfois de 1 à 2 kilomètres de large. Leur hauteur va en augmentant à mesure qu'on avance vers le bord oriental. De 2 à 3 mètres vers Kindjiria, elles ont 5 à 6 mètres vers Biguéram, à une dizaine de kilomètres au sud-ouest de Kouloa.

Nous sommes maintenant dans l'archipel des Boudoumas, que nous allons décrire.

3. — Archipel des Boudoumas.

Généralités. — La plupart des îlots sableux qui se trouvent le long du bord oriental de la branche septentrionale du Tchad, de Kouloa jusque près de Samia, sur près de 70 kilomètres, sont habités. Leurs habitants s'appellent Boudoumas (hommes des îles) et l'ensemble de ces îlots porte le nom d'archipel des Boudoumas.

Suivant les années, ces îlots de sable sont tantôt isolés, au milieu des eaux, et forment un véritable archipel, tantôt complètement libres, et réunis à la terre ferme.

A mon passage, en février 1908, toute la région Boudouma, de même que toute la partie septentrionale du Tchad, était exondée.

Quelques mois auparavant, cependant, d'après les renseignements indigènes, une mince nappe d'eau entourait encore un certain nombre de ces îlots, tandis que beaucoup d'autres, les plus rapprochés du bord, étaient déjà reliés à la terre ferme depuis quelque temps.

Dès 1905, le capitaine Freydenberg avait déjà constaté que cette région était à moitié asséchée. Par contre, les lieutenants de vaisseau d'Huart, en 1902, et Audoin, en 1903, avaient navigué librement en baleinière à travers cet ancien archipel. Ils avaient passé à Kingin, Farguimi, Bidellam, et étaient arrivés tout près de Kouloa.

Dans toute la partie septentrionale de cet archipel des Boudoumas, les îlots sableux sont à 6 et 7 mètres au-dessus du fond des carrefours et des chenaux que les eaux occupaient encore tout récemment. Dans la région de Kouloa, vers Biguéram, N'Gollom, Madiorou, ces îlots ont des contours très nets et des berges très régulières et presque abruptes.

Sur toutes ces îles de l'archipel Boudouma, récemment reliées à la terre ferme, la végétation est pauvre : elle est constituée seulement par des Oschars (*Caloptris procera*) et des touffes de petites graminées et d'herbes. Cependant, vers Madeï, au sud-est de Madiorou et dans les environs de Kamba, j'ai observé quelques arbustes épineux.

Kouloa. — Le petit poste de Kouloa, situé au nord-est du Tchad, est bâti sur un des nombreux îlots de sable qui constituent l'archipel Boudouma. Les eaux du lac le baignaient encore il y a quelques années seulement.

Sur son bord occidental, l'îlot de Kouloa est limité par un chenal, ou bahr, de 150 mètres de large environ et de 6 à 7 mètres de profondeur. Les berges en sont très nettes et très bien conservées.

Le fond de ce chenal est comblé par des argiles grises, un peu sableuses au sommet, et plus pures en profondeur. Sous l'action du soleil, ces argiles se crevassent, se fendillent, s'émiettent, et donnent une « terre cassée » comme celle que le lieutenant-colonel Lenfant a décrite dans les régions qui s'étendent au sud du Tchad.

C'est dans cette formation argileuse que sont creusés les puits. Suivant la saison, ils ont de 1 à 2 mètres de profondeur. Leur eau est légèrement natronnée.

Dans l'intérieur de l'île, à côté du poste, presque à la surface du sol, il existe une formation argilo-calcaire blanchâtre coquillifère. Ces dépôts argileux ont été employés pour la fabrication des briques qui ont servi à construire le poste.

Dans une des petites carrières ouvertes à cet effet, j'ai relevé la coupe suivante (fig. 45).

2. Sous des sables fins constituant le sol de l'ilot à un mètre de profondeur, se trouve une couche, de 30 centimètres d'épaisseur, de dépôts argilo-calcaires coquillifères ; dans une autre carrière, ces derniers ont près de 50 centimètres de puissance.

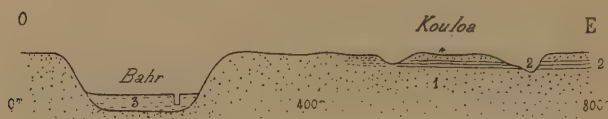


Fig. 45. — COUPE PASSANT PAR LE POSTE DE KOULOA.

1, sables dunaires ; 2, argile calcaire coquillifère ; 3, argile sableuse grisâtre.

1. Le soubassement est formé par des sables fins, à peu près purs, d'origine dunaire.

Dans ces dépôts sédimentaires, j'ai recueilli les coquilles suivantes, déterminées par M. Germain :

Planorbis Bridouxii BOURGUIGNAT
Physa (Isodora) tchadiensis GERMAIN
Limnæa africana RÜPPEL
Limnæa Vignoni GERMAIN
Limnæa tchadiensis GERMAIN
Limnæa Chudeaui GERMAIN
Bythinia (Gabbia) Neumanni GERMAIN
Melania tuberculata MÜLLER.

Toutes ces espèces sont d'eau douce, et aucune d'elles n'est fossile. Elles vivent encore dans le Tchad.

L'existence de ces dépôts sédimentaires coquillifères à la surface de l'île sableuse de Kouloa témoigne donc d'une ancienne élévation du niveau du Tchad ; ce niveau était pour le moins à une dizaine de mètres au-dessus de son fond actuel.

La région qui, aujourd'hui, fait partie de la terre ferme et qui, il y a quelques années seulement, était une véritable île, était donc autrefois une île sous-lacustre.

N'Gollom. Madiorou. Mattégou. Kamba. Kolékorarom. Farguimi. — Dans les environs de N'Gollom et de Madiorou, au sud de Kouloa, le système tchadien est toujours très net. Les îles sableuses ont de 5 à 6 mètres de haut, et les carrefours et les chénaux qui les séparent sont complètement libres.

Le fond argileux de ces dépressions a tout récemment été abandonné par les eaux. En quelques points, j'ai observé de nombreux cadavres de poissons, morts après l'assèchement des bas-fonds où ils s'étaient retirés. On trouve presque partout, à la surface du sol, de nombreuses coquilles aux formes variées.

A Mattégou et à Kamba, qui sont plus à l'est et qui sont presque à la limite des régions abandonnées depuis peu par les eaux, le système tchadien est aussi net que vers l'ouest, mais il est moins bien conservé. Les îles de sable, qui ont de 5 à 6 mètres de haut, ont parfois leurs berges démolies par les pluies et les vents.

Quelques arbustes épineux, qui ont déjà pris possession de certaines d'entre elles, les plus orientales, témoignent de la proximité de la terre ferme exondée depuis peu.

Plus au sud, dans les environs de Kolékorarom, c'est toujours le même paysage que les eaux ont abandonné récemment.

Entre Kolékorarom et Farguimi, certains chenaux, ou bahrs, ont été comblés par les sables, et les carrefours, qu'ils reliaient entre eux, sont alors devenus des cuvettes parfois complètement fermées (fig. 46), c'est-à-dire isolées les unes des autres.

A une dizaine de kilomètres à l'ouest de N'Gollom même, à Madiorou, à quelques kilomètres à l'est de Kamba et à Kolékorarom, j'ai recueilli la faune malacologique suivante dont presque toutes les espèces se retrouvaient simultanément dans tous ces endroits :

Succinea Chudeaui GERMAIN

Planorbis Bridouxii BOURGUIGNAT

Planorbis sudanicus MARTENS

Planorbis tetragnostomus GERMAIN

Planorbis Gardei GERMAIN

Physa (Isodora) strigosa MARTENS

Physa (Isodora) tchadiensis GERMAIN

Physa (Pyrgophysa) Dantzenbergi GERMAIN

Limnæa africana RÜPPEL



Fig. 46. — PORTION D'UNE CUVETTE
DU FOLÉ, PRÈS DE FARGUIMI.

Le chenal, situé à la pointe orientale qui reliait cette dépression à une autre dépression, a été comblé par les sables, et celle-ci est devenue une cuvette fermée.

Segmentina Chevalieri GERMAIN

Vivipara unicolor OLIVIER

Vivipara unicolor OLIVIER et var. *unicarinata*, *bicarinata*

Cleopatra bulimoides KÜSTER et var. *Richardi* GERMAIN

Bythinia (Gabbia) Neumanni MARTENS

Melania tuberculata MÜLLER

Unio (Nodularia) Lacoini GERMAIN

Corbicula Lacoini GERMAIN

Corbicula tchadiensis MARTENS

Lunicularia rectistrigata SMITH

Lunicularia connectens MARTENS

4. — Archipel des Kouris.

Toute la partie est et nord de la branche orientale du Tchad est occupée par des îles de sable. La plupart d'entre elles, principalement celles qui touchent à la terre ferme, sont habitées, et les insulaires qui les occupent sont appelés Kouris.

J'ai effectué, en baleinière, deux voyages dans la partie septentrionale de cet archipel : 1° Je suis allé de Samia, de l'extrémité occidentale de cet archipel, à Bol, qui est à 45 kilomètres environ plus à l'ouest ; 2° de l'île d'Iba, située à peu près à égale distance entre Bol et Samia, je me suis dirigé, vers le sud, jusqu'à l'endroit où j'ai rencontré les eaux libres qui s'étendent au nord de l'embouchure du Chari.

De Samia à Bol. — Toutes les îles sont très irrégulièrement groupées. Cependant, d'une façon générale, elles sont allongées et sensiblement orientées nord-sud. Aussi, pour aller de l'ouest à l'est, ou vice versa, on est obligé de contourner plusieurs de ces îles et le voyage, par suite, se trouve considérablement allongé.

Vers Samia, les îles sont à 2 ou 3 mètres seulement au-dessus des eaux. Leur hauteur va en augmentant à mesure qu'on avance vers l'est, et dans les environs de Bol, elles ont 10 à 12 mètres.

Sur les bords de cet archipel, certaines îles sont à peine séparées de la terre ferme par un étroit chenal, ou même par un simple fossé ; d'autres sont complètement reliées au continent et sont de véritables presqu'îles.

L'île de Bol, à l'extrémité méridionale de laquelle se trouve le poste militaire qui commande tout l'archipel, est simplement séparée de la terre ferme par un petit bahr ayant à peine un mètre d'eau.

De Bol à la partie libre du Tchad. — De Bol, je suis allé en baleinière jusqu'à la partie libre du Tchad, c'est-à-dire à une trentaine de kilomètres environ de l'embouchure du Chari.

A partir de l'île d'Iba, qui est située sur la route de Bol à Samia, à peu près à égale distance entre ces deux localités, j'ai vogué directement vers le sud.

L'archipel Kouri, avec ses îles allongées et sensiblement orientées nord-sud, que séparent de vastes carrefours et d'étroits chenaux, présente partout le même aspect.

Pendant la hauteur des îles diminue peu à peu. Ayant de 8 à 10 mètres vers le nord, à Iba, elles émergent à peine, à une trentaine de kilomètres plus au sud. Un peu plus loin, elles sont complètement recouvertes par les eaux. Les vastes prairies de roseaux, qui émergent, indiquent seules l'existence de ces îles sous-lacustres.

Plus loin, enfin, ce sont les eaux libres, c'est presque la mer, mais le capitaine Vignon et l'adjudant Brocard n'y ont pas trouvé de profondeur supérieure à 2 m. 50.

Le passage de cet archipel sud-est du Tchad à la terre ferme se fait insensiblement. Des îles les plus rapprochées du bord du lac, les unes sont complètement isolées par des bahrs remplis d'eau; d'autres en sont à peine séparées par d'étroits fossés parfois à sec; d'autres, enfin, ont été complètement reliées à la rive par des sables et ont été transformées en véritables presqu'îles.

Les carrefours et les chenaux ou bahrs, si nets dans l'intérieur du Tchad, se poursuivent en dehors de celui-ci.

Certains chenaux ou bahrs, parfois occupés par les eaux, partent du Tchad et s'enfoncent dans les terres, quelquefois à d'assez grandes distances. Les uns sont très réguliers et ont l'aspect trompeur d'une vallée; d'autres, par suite d'un ensablement plus ou moins complet, vont en se rétrécissant à mesure qu'ils s'éloignent du lac, et figurent assez bien le lit de petits affluents qui se seraient déversés dans le Tchad.

5. — Les variations du Tchad.

Depuis plus de 80 ans, c'est-à-dire, depuis le moment où a été commencée l'exploration du Tchad, un certain nombre d'observations, faites en divers points et à différentes époques, ont montré que ce lac est soumis à des oscillations de niveau et à des variations de superficie parfois assez grandes.

Son fond étant plat et sa nappe liquide étant très peu épaisse, il

suffit d'une faible baisse des eaux pour que celles-ci se retirent parfois sur de grands espaces. De même, une faible crue se traduit également par l'envahissement de vastes étendues.

Le lieutenant de vaisseau Audoin a résumé toutes ces observations d'une façon très complète. Je renvoie le lecteur à son travail (1). Néanmoins, je tiens à les rappeler ici très brièvement.

1° En février 1823, Denham [27] constate que le Tchad, à Woudi, a envahi ses rives sur plus de 2 milles, près de 4 kilomètres.

2° En janvier 1854, Vogel observe que N'Gourou, qui est sur le bord occidental du Tchad, est à moitié enseveli sous les eaux, et il constate que l'envahissement persiste encore pendant l'hiver 1854-1855. Comme observation concordante, Barth [4] remarque, en mai 1855, que depuis son passage, en 1851, le Tchad s'est avancé vers le nord-ouest, entre Baroa et N'Guigmi, et il dit que c'est pendant l'hiver 1853-1854, que la crue du lac s'est produite. Le village de N'Guigmi, bâti dans la plaine, fut obligé de se transporter sur la dune qui borde le lac au nord.

3° Rohlfs [92], en 1866, signale une nouvelle crue du Tchad, et il dit que celle-ci atteignit son maximum en novembre de la même année.

4° En 1870, Nachtigal [83] apprend que les eaux du Tchad ont remonté dans le sillon du Bahr el Gazal sur plus de 100 kilomètres. En 1873, il trouve que ce dernier est encore occupé par les eaux sur près de 80 kilomètres. La même année, en passant sur la rive occidentale, le même voyageur constate que les eaux du lac s'étaient aussi avancées très loin dans les terres, jusqu'à côté de Koukaoua.

5° Foureau [33], en 1900, trouve que le Tchad, sur sa rive septentrionale, se présentait dans le même état que l'avait décrit Barth, près de 50 ans auparavant. Deux ans plus tard, en 1902, le capitaine Dubois [32], qui étudia la rive méridionale de ce lac, constata que les eaux recouvraient le sol jusqu'à côté du pointement rhyolitique d'Hadjer el Hamis.

6° En 1905, le capitaine Freydenberg [39] remarque que la partie nord du Tchad s'assèche, alors que les années précédentes le lieutenant de vaisseau Audoin, en 1903, et le capitaine Tilho, en 1904, y

(1) AUDOIN. La Géographie du Tchad. *Documents scientifiques de la mission Tilho*, t. I, p. 1.

avaient circulé en baleinière, passant tout près de N'Guigmi pour aller dans les environs de Kouloa.

7° C'est au commencement de 1908 que l'assèchement le plus considérable a été observé. Le lac avait abandonné toute sa partie septentrionale et, d'après les observations de mes camarades de la mission Niger-Tchad, il s'était retiré jusqu'à la hauteur du parallèle qui passe par l'embouchure de la Komadougou. L'assèchement s'était également fait sentir sur la rive méridionale. A la même époque, en effet, les eaux se trouvaient à une dizaine de kilomètres au nord des pointements rocheux d'Hadjer el Hamis, alors que, en 1902, elles s'épalaient largement à leur pied, ainsi que l'avait constaté le capitaine Dubois [32].

Depuis, d'après des renseignements rapportés par des officiers servant au Tchad, les eaux ont remonté. La récente piste de Bosso à Kouloa n'est plus praticable, et le Tchad ne tardera guère, sans doute, à reprendre son ancien fond.

Grâce à toutes ces constatations, faites par des observateurs consciencieux, il résulte que, à différentes reprises, les limites du Tchad ont varié dans des proportions parfois assez grandes.

Mais faut-il, comme le capitaine Freydenberg, penser que ces variations sont soumises à une loi périodique? Rien n'autorise à le croire. Et, du reste, comme le fait remarquer le lieutenant de vaisseau Audoin, les crues dûment constatées n'entrent pas toutes dans le cadre de la loi qu'a formulée M. Freydenberg [39, p. 169].

Ces crues et ces baisses, autrement dit ces variations de niveau du Tchad, sont fonction de la quantité d'eau que ce lac reçoit de ses affluents ou, en d'autres termes, de la quantité de pluie qui tombe dans son bassin d'alimentation.

Après une ou plusieurs saisons très pluvieuses, son niveau montera et sa surface augmentera ; après une ou plusieurs années sèches, le niveau descendra et la surface diminuera.

Par l'étude géologique des sédiments que le Tchad a abandonnés autrefois, un peu partout, et que l'on observe dans les parties émergées de son ancien fond, on arrive aux mêmes conclusions.

C'est à ce même résultat que conduit l'interprétation de la coupe que le capitaine Freydenberg a relevée dans le jardin du poste, au fond d'un bahr, à un kilomètre environ au nord de Kouloa. « L'eau, dit-il, est atteinte à la côte — 3 mètres. Il y a une alternance de six couches de vase, et de six couches de sable avec débris de roseaux.

» Il est donc certain, continue-t-il, qu'on a eu six inondations pendant lesquelles les couches de vase se sont déposées. A la suite de

chacune d'elles une période d'assèchement a eu lieu... et du sable dunaire a été déposé par le vent. »

C'est précisément dans cette région, dans les limites du Tchad actuel, tour à tour occupée et abandonnée par les eaux, que se trouve la zone des oscillations du Tchad.

6. — Ancienne extension du Tchad.

Indépendamment de ces petites oscillations du Tchad, observées directement, ou déduites des coupes relevées dans les puits des environs de Kouloa, le Tchad a eu autrefois, à l'époque quaternaire ou au début de l'époque actuelle, une très grande extension.

Les dépôts sédimentaires qui existent dans le fond des cuvettes du Kanem, du Chitati et du Manga, y ont été abandonnés par le Tchad à ce moment-là.

M. Freydenberg [42, p. 66] a considéré ces sédiments comme formant une nappe continue, et comme étant antérieurs aux grandes dunes qui recouvrent toutes ces régions.

Je montrerai, un peu plus loin, que ces sédiments sont postérieurs à ces dunes, et qu'ils se sont déposés dans les cuvettes, ouvertes entre ces dunes, tout comme les dépôts argileux se sont formés et se forment encore actuellement dans les carrefours et les bahrs, qui séparent les îles de sable du Tchad.

J'ai déjà démontré dans plusieurs notes [44, 45, 48], et j'y reviendrai, que le Tchad avait autrefois recouvert de ses eaux toutes les régions qui sont situées encore plus à l'est, l'Egueï, le Bodelé, le Djourab, la région du Gazal, jusqu'au Borkou.

De même, toutes les régions situées au sud du Tchad, où le système dunaire n'est pas reconnaissable et où existent de puissantes formations argileuses, sont l'ancien fond envasé du Tchad.

7. — Origine du Tchad.

Le fond du Tchad est une ancienne région dunaire que les eaux sont venues recouvrir, je ne sais à la suite de quelle circonstance, et qu'elles sont en train de combler avec les vases argileuses qu'elles y abandonnent continuellement.

Le lieutenant de vaisseau d'Huart [59], qui explora ce lac en 1902, avait remarqué que « les îles du Tchad ne se distinguent pas de l'ensemble des régions environnantes par un caractère nettement tranché » et il les regardait, à tort, ainsi que nous le verrons un peu plus loin, comme des bancs de sables qui se seraient formés dans le Bahr el

Gazal, celui-ci étant considéré comme un ancien affluent du Tchad.

Le lieutenant de vaisseau Audoin [2], qui fit l'exploration du Tchad en 1903, remarqua que les îles sableuses de ce lac sont orientées perpendiculairement à la direction des vents dominants et il les considère comme d'anciennes dunes.

Il émit en outre l'hypothèse qu'« une convulsion volcanique, dont le soulèvement d'Hadjer el Hamis constitue un témoin irrécusable, créa la vaste cuvette dans laquelle se précipitèrent les eaux environnantes. Le Tchad et son archipel, concluait-il, se trouvaient constitués ».

Dans la récente étude qu'il vient de consacrer à la géographie du Tchad, le même officier [3] admet, cette fois, que ce lac était formé à l'origine de deux chotts, l'un recevant les eaux de la Komadougou, l'autre, celles du Chari et du Logone.

L'érosion éolienne, l'action chimique dissolvante des eaux, les courants de surface, d'après lui, « auraient rongé leurs berges au point d'entrer en contact l'une avec l'autre et d'envahir le fond des oueds de leur rive est, dont les dunes seraient devenues l'archipel actuel ».

Abstraction faite des hypothèses « soulèvement d'Hadjer el Hamis », « convulsion volcanique », qui sont moins que vraisemblables, la première théorie d'Audoin me semble juste et le Tchad est une ancienne région dunaire ensevelie sous les eaux.

La topographie du fond du Tchad, avec ses îles et ses hauts-fonds dont la hauteur diminue à mesure qu'on avance vers l'ouest, c'est-à-dire qu'on s'éloigne des points d'où viennent les vents et les sables ; l'analogie qui existe entre ces îles et ces hauts-fonds sableux, tantôt émergés et tantôt immergés, d'une part, et les monticules de sables exondés du Kanem et des pays environnants, d'autre part, tout montre bien qu'on se trouve en présence d'une région dunaire qui a été envahie par les eaux.

Comment s'est produit cet envahissement ? Dans l'ignorance où nous sommes sur la géologie de vastes espaces, encore inexplorés, de la région tchadienne, il serait téméraire de formuler une hypothèse à ce sujet.

Qu'il nous suffise de savoir, pour le moment, que l'emplacement actuel du Tchad était autrefois un paysage dunaire, et que, à une époque donnée, à la suite de je ne sais quelles circonstances, des eaux douces envahirent cette région et s'étendirent sur d'immenses espaces.

J'ai déjà démontré — et j'y reviendrai — que les eaux occupèrent toutes les régions qui sont situées au nord-est du Tchad, jusqu'au Borkou.

Puis, à la suite d'une diminution des précipitations atmosphériques, cet immense lac s'assécha peu à peu et se cantonna dans ses limites actuelles, soumises elles-mêmes à des variations parfois assez grandes.

8. — Bordure septentrionale du Tchad.

Tout le long de sa bordure septentrionale, entre N'Guigmi, à l'ouest, et Kouloa, à l'est, le Tchad envoie de nombreux bras ou bahrs à l'intérieur des terres. Leur allure générale est figurée sur la carte du lac dressée par la mission Tilho.

De cet ensemble de bahrs, j'ai vu seulement ceux qui se trouvent au nord de Kouloa, uné légère erreur de route, en venant de l'est, du Chitati, nous ayant amenés au nord de ce poste.

Région au nord de Kouloa. — C'est à partir de la mare de Touloumi, à une vingtaine de kilomètres environ de Kouloa, que l'on commence à reconnaître le système tchadien dans les dépressions qui accidentent le sol. Ce système devient de plus en plus net à mesure qu'on se rapproche du Tchad.

On trouve d'abord des carrefours que les sables ont parfois complètement isolés et transformés en cuvettes fermées; quelquefois des lambeaux de bahrs ont été aussi fermés par les sables.

À environ une dizaine de kilomètres de Kouloa, à la limite de la végétation arborescente, les carrefours et les chenaux sont libres. Sur le bord intérieur de l'un de ces carrefours, dont les berges ont de dix à quinze mètres, et dont le fond est occupé par une prairie de roseaux, j'ai recueilli la faune malacologique suivante :

Succinea Lauzannei GERMAIN

Planorbis tetragostomus GERMAIN

Planorbis Bridouxii BOURGUIGNAT

Physa (Isodora) trigona MARTENS

Physa (Isodora) strigosa MARTENS

Physa (Isodora) tchadiensis GERMAIN

Physa (Pyrgophysa) Dantzenbergi GERMAIN

Limnæa africana RÜPPEL

Vivipara unicolor OLIVIER

Cleopatra bulimoides KÜSTER

Melania tuberculata MÜLLER

Unio (Nodularia) Lagoini GERMAIN.

Puis, jusqu'à Kouloa, c'est un paysage identique à celui que nous avons décrit pour les environs de cette localité.

Les bahrs et les carrefours ont 6 à 7 mètres de profondeur. Leur fond, constitué par des argiles grisâtres, qui se fendillent et s'émiettent sous l'action du soleil, est occupé par des prairies de roseaux. Les îlots de sables qui se dressent entre ces dépressions sont couverts d'Oschars (*Caloptrix procera*).

Dunes de bordure du nord du Tchad. — De nombreuses dunes mortes, à peu près définitivement fixées par la végétation, existent sur toute la bordure nord et nord-ouest du Tchad et forment une grande demi-circonférence de plus de 120 kilomètres de développement.

Mes camarades de la mission du Niger-Tchad ont relevé la position de ces dunes et les ont figurées sur leur carte du Tchad.

De ce grand faisceau de dunes, je n'ai vu que la partie centrale entre N'Guigmi et Garoumélé, sur une vingtaine de kilomètres de longueur. Aussi bien, la description que je vais en faire ne se rapportera-t-elle qu'aux dunes de cette région, bien que la constitution du pays, d'après les renseignements qui m'ont été fournis, soit partout la même.

Vers N'Guigmi, cette bordure de sable du Tchad est découpée en plusieurs tronçons, séparés par des étranglements. Le tronçon qui supporte le poste militaire est presque orienté est-ouest, et mesure près de 100 mètres de large sur 10 à 15 mètres de haut. Dans sa partie occidentale, sur près d'un kilomètre d'étendue, il s'étale graduellement en même temps qu'il se décompose en plusieurs séries de mamelons placés, sans ordre, les uns à côté des autres. Après avoir atteint un maximum de développement, de 300 à 400 mètres de large, il se rétrécit de nouveau.

Immédiatement à l'est du poste, la masse dunaire se dirige sensiblement vers le nord. Elle ne tarde pas à se diviser en plusieurs segments formés tantôt par un cordon simple, tantôt par un ensemble de mamelons accolés les uns aux autres.

C'est dans l'un des passages ouverts entre ces monticules de sables que s'engage la piste qui conduit à Bilma.

A une vingtaine de kilomètres au sud-ouest de N'Guigmi, à Garoumélé, à l'endroit où elle est franchie par la route qui va du Tchad à Gouré, à travers le désert de Mir, cette arête sableuse mesure près de 150 mètres de large et une douzaine de mètres de haut.

Une végétation arborescente, uniquement formée par des arbustes épineux, recouvre cette traînée de dunes et s'étend même, à l'intérieur, sur une largeur d'une centaine de mètres.

Ces dunes séparent deux paysages complètement distincts : extérieurement à l'arc de cercle qu'elles décrivent, c'est un pays sablonneux, mamelonné, où poussent de nombreux végétaux épineux ; intérieurement, c'est le fond plat du Tchad, avec de légères dépressions, au sol argileux, dans lesquelles croissent des prairies de roseaux.

Origine de ces dunes. — M. Chudeau a remarqué que les dunes de la bordure nord et nord-ouest du Tchad sont en pente douce du côté du lac, et il en a déduit qu'elles ont été édifiées par des vents venant du lac, et que ce dernier, par suite, avait été autrefois un centre de haute pression.

« Ces dunes [21, p. 37], dit-il, celles que j'ai vues tout au moins, sont en pente douce vers le Tchad, qui se présente ainsi comme un centre de haute pression ;... Il convient toutefois d'ajouter que les dunes qui entourent le Tchad... sont des dunes mortes, témoins d'un régime antérieur ; le Tchad a été autrefois un centre de hautes pressions, il n'est pas certain qu'il le soit encore. Les observations anciennes, celles plus récentes de Foureau, et les miennes sur le régime des vents dans la région du Tchad, ne semblent pas indiquer de vents divergents. »

Le capitaine Freydenberg [42, p. 81], au contraire, considère le Tchad comme un centre de basse pression, et admet que ces dunes ont été édifiées par des vents qui convergeaient vers ce lac.

Ces anciennes dunes du bord septentrional du Tchad sont trop démolies, trop informes aujourd'hui, pour qu'il soit possible de reconnaître leur orientation.

Puis, il paraît bien invraisemblable que le Tchad ait été autrefois un centre de haute pression, comme le pensait M. Chudeau, alors que ce lac, ainsi que le supposait le capitaine Freydenberg, et ainsi que l'ont démontré les observations qui ont été faites pendant plus de huit mois consécutifs par la mission Tilho [98], est un centre de basse pression.

D'autre part, si la théorie de M. Chudeau était exacte, un semblable cordon de dunes devrait exister sur tout le pourtour du Tchad, les sables meubles étant partout très abondants. Or, sauf sur la bordure septentrionale en question, je n'en ai observé nulle part ailleurs.

En de nombreux autres points du centre de l'Afrique, j'ai rencontré de semblables rangées de monticules sableux, mais de formation toute récente. Nulle part, il est vrai, je ne les ai vues aussi développées que sur le bord du Tchad.

Ces traînées sableuses, indifféremment orientées est-ouest ou nord-est-sud-ouest, sont assez nombreuses dans la région désertique qui

s'étend au nord du Tchad, à l'ouest de la piste de N'Guigmi à Bilma. L'une d'elles, à une cinquantaine de kilomètres au nord de N'Guigmi, orientée est-ouest, mesurait de 15 à 20 mètres de haut. Une autre, à une vingtaine de kilomètres plus loin, orientée nord-est-sud-ouest, et située au delà de la cuvette de Kirdinga, était constituée par des mamelons de sable, d'une vingtaine de mètres, alignés les uns à la suite des autres.

Il en existe aussi dans la région située à l'est du Tchad, dans les environs d'Yri, sur la route de Bol à Kouloa, où elles ont de 6 à 7 mètres de hauteur; à quelques kilomètres au delà du puits de Da, sur la route de Kouloa à Mao, etc.

À l'ouest du Tchad, près d'Adebour, on en trouve également.

À mon avis, ces anciennes dunes de la bordure septentrionale du Tchad, comme les traînées de dunes, de formation récente, que je viens de signaler, ont été édifiées par les vents qui viennent de l'est et du nord-est.

Pour expliquer leur origine, il n'est pas nécessaire de faire intervenir des changements dans le régime des vents. Tout au plus peut-on dire que le voisinage immédiat du Tchad, centre de basse pression, a augmenté l'intensité du vent et a pu contribuer à la formation de ces dunes.

Environs de N'Guigmi. — Le village de N'Guigmi est bâti à l'intérieur de la traînée de dunes dont nous venons de parler, à 1.500 mètres environ de celles-ci, dans l'ancien fond du Tchad.

En 1903, les eaux arrivaient tout près de N'Guigmi. Le lieutenant de vaisseau Audoin, vers la fin de cette année-là, vint mouiller en baleinière à moins de deux kilomètres au sud-est de ce village.

Au début de 1904, le capitaine Tilho circula également en baleinière dans les mêmes parages.

Lors de mon passage dans cette région, fin juillet 1908, les eaux, à la suite de plusieurs années de sécheresse, s'étaient retirées vers le sud de 70 à 80 kilomètres.

Tout autour de N'Guigmi, c'est la plaine. Celle-ci s'étend à perte de vue dans la direction du sud. Le sol est à peine accidenté par de petites dépressions, d'anciens bahrs et carrefours du Tchad, de quelques mètres de profondeur. Ces derniers se reconnaissent de loin aux taches vert foncé que forment les prairies de roseaux qui croissent dans leur intérieur.

C'est toujours dans le fond argileux de ces légères dépressions que sont creusés les puits. Ceux de N'Guigmi ont à peu près trois mètres de profondeur.

Au sud du poste de N'Guigmi, au pied de la dune, il existe une vaste dépression de quelques mètres de profondeur, où l'eau est à 1 m. 50 de la surface du sol.

Dans cet ancien fond du Tchad, tout récemment abandonné par les eaux, j'ai recueilli la petite faune malacologique suivante :

Succinea Lauzannei GERMAIN
Planorbis Bridouxi BOURGUIGNAT
Physa (Isodora) strigosa MARTENS
Physa (Isodora) tchadiensis GERMAIN
Physa (Pyrgophysa) Dantzenbergi GERMAIN
Limnæa tchadiensis GERMAIN
Vivipara unicolor OLIVIER
Cleopatra cyclostomoides KÜSTER, var. *tchadiensis* GERM.
Bythinia (Gabbia) Neumanni MARTENS
Bythinia (Gabbia) neothomæformis GERMAIN
Melania tuberculata MÜLLER
Unio (Nodularia) Lacoini GERMAIN
Corbicula Lacoini GERMAIN.

Au nord de la ligne des dunes, sur l'une desquelles est construit le poste de N'Guigmi, s'étend une zone déprimée dont le sol est argilo-sableux. Son fond se raccorde insensiblement au paysage sableux, légèrement mamelonné, qui se trouve plus au nord.

Des formations argilo-calcaires blanchâtres, très friables et assez légères, occupent le fond de cette dépression. On les a utilisées pour la fabrication des briques qui ont servi à la construction du poste.

J'ai étudié la large excavation, de près de 2 m. 50 de profondeur, qu'on a ouverte dans ces formations. A partir d'un mètre de leur surface, j'ai trouvé la petite faunule suivante, déterminée par M. Germain :

Planorbis Chudeaui GERMAIN
Planorbis sudanicus MARTENS
Planorbis Bridouxi BOURGUIGNAT
Planorbis Gardei GERMAIN
Planorbula tchadiensis GERMAIN
Segmentina Chevalieri GERMAIN
Physa (Isodora) strigosa MARTENS
Physa (Isodora) tchadiensis GERMAIN
Physa (Pyrgophysa) Dantzenbergi GERMAIN
Limnæa sp.
Bythinia (Gabbia) Neumanni MARTENS.

Un puits creusé à côté rencontre l'eau à 4 mètres environ.

9. — Bordure sud-est du Tchad.

Dans la partie du bord méridional du Tchad que j'ai visitée, de Matéram à Hadjer el Hamis, le sol est à peu près uni. Le paysage a le même aspect que dans les environs de Massakori.

De larges sillons, d'anciens bahrs, peu profonds, partent du Tchad et se prolongent parfois très avant dans l'intérieur des terres. C'est toujours le système tchadien qui continue.

Bahr el Gréani. — Le plus intéressant de ces sillons est le bahr el Gréani, qui passe entre Matéram et Delébé et autour duquel, pendant la saison sèche, de nombreux Arabes nomades viennent faire pacager leurs troupeaux.

A l'endroit où il est coupé par le chemin qui va d'un village à l'autre, ce bahr mesure environ 150 mètres de large sur 1 m. 50 de profondeur. Au sud du chemin, il s'élargit et il s'approfondit un peu, sur plus d'un kilomètre, puis il se continue vers le sud sur une assez grande distance.

Des coquilles de *Melania*, encore à peu près intactes, se rencontrent sur les bords de ce bahr et témoignent d'un récent envahissement par les eaux. Du reste, le capitaine Dubois [32], en 1902, avait alors signalé cette nappe liquide.

A mon passage, dans les premiers jours de mars 1908, toute la partie déprimée du bahr formait un marigot, et un petit ruisseau lui amenait les eaux du Tchad.

A première vue, on aurait été tenté de considérer ce petit marigot et le bahr qui lui fait suite, comme constituant un déversoir du Tchad, alors que, en réalité, c'est une simple portion d'un bahr que des sables ont isolée.

Après les pluies, quand le niveau du Tchad monte, les eaux franchissent le barrage et se déversent de l'autre côté. C'est ainsi que, un mois auparavant, tout le marigot était rempli d'eau. Il n'avait commencé à s'assécher qu'à la suite de l'abaissement du niveau du Tchad.

Trois jours plus tard, à mon retour d'Hadjer el Hamis, le ruisseau avait cessé de couler à travers le chemin où je l'avais déjà observé.

A moins de 500 mètres plus au nord, tout le fond du bahr était

occupé par des marigots dont les eaux, entre les roseaux et les herbes, formaient une nappe continue en relation avec le Tchad.

L'existence de ce bahr, envahi par les eaux, à une dizaine de kilomètres au sud du lac, montre que la région qui s'étend au sud-est du Tchad est à peu près au même niveau que ce dernier.

On est là dans l'ancien fond du lac, et il suffirait d'une faible montée du niveau des eaux, pour que toute la région fût par elles de nouveau recouverte.

Du reste, tout le pays est sans écoulement. Pendant la saison pluvieuse, les eaux séjournent sur place et donnent naissance à de nombreux marécages.

En 1902, le capitaine Dubois [32], qui fit le levé topographique de la bordure méridionale du Tchad, constata que l'eau s'étalait jusqu'à côté des pointements rhyolitiques d'Hadjer el Hamis, à près de 10 kilomètres au sud de sa limite actuelle.

Pointements de roches cristallines d'Hadjer el Hamis. —

A une dizaine de kilomètres du bord méridional du Tchad, et à 25 kilomètres environ à l'est de l'embouchure du Chari, se dressent au milieu des sables les cinq pointements rocheux d'Hadjer el Hamis que le lieutenant Lacoïn [62] a étudiés le premier.

L'un de ces pointements, le plus massif, a la forme d'un dôme et mesuré une centaine de mètres de hauteur.

Les quatre autres pointements, inégalement élevés, figurent quatre colonnes ou pylones que constituent des faisceaux de prismes verticaux semblables à ceux de certaines coulées basaltiques. Ils sont situés à 400 ou 500 mètres au sud-est du précédent et sont à peu près disposés, en arc de cercle, face à ce dernier. Ils reposent sur un soubassement ou piédestal de roche massive très déchiqueté.

Tous ces pointements, ainsi que le soubassement qui supporte quatre d'entre eux, sont constitués par une rhyolite à ægyrine. Cette dernière roche est venue au jour à travers des microgranites, également alcalins, ainsi que je le montrerai, plus loin, quand que je ferai son étude microscopique.

II. — Les régions situées à l'ouest du Tchad.

1. — Manga occidental.

On donne le nom de Manga occidental à la vaste région, en partie habitée seulement, qui est comprise entre la Komadougou au sud, le lac Tchad à l'est, le massif cristallin du Mounio à l'ouest et le désert au nord.

Comme tous les pays de la région tchadienne, le Manga occidental est constitué par des alternances de monticules de sables et de vastes cuvettes, au fond ordinairement argileux ou argilo-sableux.

Pointements de roches cristallines de Gamedou. — Deux pointements de roches cristallines, les derniers du Soudan, l'un en rhyolite et l'autre en microgranite, sont situés près du village de



Fig. 47. — POINTEMENT RHYOLITIQUE DE GAMEDOU.

A gauche, vue d'ensemble du pointement, haut de 50 mètres environ, et de la lame rocheuse, en forme de muraille, qui la surmonte. A droite, cette muraille qui mesure 8 à 10 mètres de long, 2 mètres de large et 7 à 8 mètres de haut.

Gamedou, à une centaine de kilomètres à l'est du Mounio et à 200 kilomètres environ en deçà du Tchad, et émergeant de ce puissant manteau de sables.

1° Le pointement occidental (fig. 47), le plus massif, est formé par de la rhyolite, il est allongé nord-sud et mesure sensiblement 200 mètres de long sur 50 mètres de large. Peu élevé dans sa partie

septentrionale, il se relève assez rapidement et mesure une cinquantaine de mètres de haut dans sa partie méridionale.

Des blocs éboulés en recouvrent les flancs et la roche n'est visible que dans sa partie centrale, suivant l'axe.

Dans sa partie méridionale, la plus élevée, cette butte est surmontée par une lame de roche, une vraie muraille, orientée est-ouest, et mesurant 8 à 10 mètres de long, 2 mètres de large et 7 à 8 mètres de haut.

2° Le pointement oriental, qui est à 4 kilomètres environ à l'est du précédent, est formé par deux buttes microgranitiques, accolées par leur base. Ce pointement est moins élevé que l'autre et beaucoup moins massif.

Les sables, poussés par les vents, ont fait l'escalade de ces buttes et les recouvrent presque entièrement. Le granite n'affleure plus que sur la face méridionale de leurs sommets. Avant peu, elles seront complètement ensevelies sous les sables, et elles ne se présenteront plus que sous la forme extérieure d'une grosse dune.

Du sommet de ces buttes, la vue s'étend très loin. Tout autour c'est la plaine immense, teintée d'un beau jaune clair par le sable et la paille sèche, et mouchetée en vert par des arbustes très clairsemés.

De distance en distance, un peu partout, apparaissent de grandes taches vert foncé, formées par les doums qui occupent les bords des mares et des dépressions du Manga.

Ces roches de Gamedou sont étudiées au chapitre Pétrographie.

Dépressions ou cuvettes. — Les dépressions ou cuvettes qui accidentent le sol du Manga sont très nombreuses.

Leurs formes sont ordinairement très irrégulières et assez variées. Elles sont toujours ou presque toujours isolées les unes des autres. Le plus souvent, elles sont orientées nord-ouest-sud-est avec convexité tournée vers le nord-est.

Profondes de quelques mètres seulement à l'ouest de Gourselik, le long du chemin qui mène à Mia, elles ont de 15 à 20 mètres, et parfois davantage à l'est de ce village.

D'ordinaire leur bord oriental, rajeuni par les sables que poussent les vents, est plus abrupt que le bord occidental, démoli par ces derniers ou par les pluies. Parfois, le bord oriental est surmonté par une crête sableuse de quelques mètres de haut.

Des doums (*Crucifera thebaïca*) croissent dans toutes ces cuvettes. A l'ouest de Gourselik, où elles n'ont que quelques mètres de profondeur, ces végétaux émergent au-dessus du sol et figurent de loin, au milieu de la plaine, de véritables petites oasis de verdure. A l'est

de ce village, où les cuvettes sont plus profondes, les doums ne sont visibles que quand on arrive sur le rebord de celles-ci.

Vers Garoumiga et Zangari, beaucoup de dépressions ont leur fond ensablé et une végétation épineuse en a pris possession.

Les puits sont toujours creusés sur le bord des cuvettes, à la base de la falaise. L'eau douce se rencontre à une faible profondeur, à un mètre en moyenne.

M. Chudeau [22, p. 84], qui a vu les cuvettes du Manga, pense « que ces cavités sont probablement dues à la dissolution de lentilles de sel, suivie d'effondrement ; l'abondance des mares à natron dans la région semble à l'appui de cette hypothèse ». Plus loin, quand je décrirai le Kanem, je démontrerai qu'elles n'ont pas cette origine, et je dirai comment il faut les considérer.

Mares. — Des mares occupent ordinairement le fond des dépressions et sont presque toujours localisées dans la partie centrale.

Presque toutes ces mares sont temporaires et ne durent que quelques mois après les pluies. Quelques-unes cependant sont permanentes. Des roseaux poussent alors sur leurs bords et forment une couronne intérieure à celle qui est constituée par les doums. Dans ces mares permanentes, lorsque les eaux sont douces, vivent parfois des caïmans et d'autres animaux aquatiques, qui témoignent d'une ancienne relation entre ces nappes d'eau et le bassin du Tchad.

La mare de Jakari, qui est à quelques kilomètres à l'est de Gourselik, et dont les eaux sont douces, serait permanente, d'après les indigènes.

Mares salées. Manda et Kanwa. — L'eau de presque toutes les mares du Manga est salée. Si elle est douce, comme à Jakiri, c'est une exception.

Cette eau tient en dissolution du chlorure de sodium, du natron qui est un carbonate de soude, et du sulfate de soude, en quantités très variables et dans des proportions également très variables. Ces sels se déposent dans le fond des cuvettes après l'assèchement des mares.

Dans les endroits où ces sels sont abondants, ils donnent lieu à une exploitation assez active.

Suivant que le chlorure de sodium ou le que le natron prédomine, le produit obtenu porte le nom de manda ou de kanwa et se traite différemment.

Il est juste de dire que ces deux substances, auxquelles vient s'ajouter du sulfate de soude, sont toujours mélangées ensemble.

Le *kanwa* ne subit aucune préparation. Tel qu'il est retiré de la cuvette, où il forme des croûtes plus ou moins épaisses, tel il est livré au commerce.

Les efflorescences de *manda* ne sont jamais utilisées directement. Elles subissent un certain nombre de manipulations que nous décrivons un peu plus loin.

Au dire des indigènes, les mares salées n'existent pas dans le nord du Manga et ne dépassent pas le village de Garoumiga. De fait, je n'en ai pas rencontré une seule entre cette localité et Zangari, ni sur une certaine distance au sud de Zangari. Plus au nord, sur la route de Gouré au Tchad, par le désert de Mir, je n'en ai pas vu non plus. Dans cette région, les fonds des cuvettes sont ensablés et sont envahis par de la végétation arborescente, et les puits, comme à Zangari, sont alors creusés dans le fond même de ces cuvettes et atteignent l'eau à 4 à 5 mètres de profondeur.

Comme ces mares salées possèdent à peu près toutes le même aspect, et comme le mode d'extraction du sel est partout le même, je me bornerai à en décrire une seule, celle de Gourselik. Pour les autres, je ne signalerai que les particularités qui paraîtront intéressantes.

Gourselik. Préparation du sel. — Gourselik est situé à une cinquantaine de kilomètres au sud-est du Mounio. De tout le Manga, c'est un des centres les plus importants pour la fabrication du sel (fig. 48).

D'après les renseignements des indigènes, cette substance n'est exploitée à Gourselik que depuis une vingtaine d'années environ. Comme le rendement va en diminuant chaque année, la date est proche où ce gisement sera complètement épuisé.

Cuvette. — La cuvette de Gourselik mesure près de deux kilomètres de longueur, 400 à 500 mètres de largeur et une quinzaine de mètres de profondeur. Son extrémité sud-est est complètement fermée, tandis que son extrémité nord-ouest s'ouvre dans une autre large dépression.

Mare. — Une mare temporaire occupe la partie centrale de cette cuvette de Gourselik. A la fin de la saison des pluies, au moment de sa plus grande extension, elle mesure à peu près 500 à 600 mètres de longueur, 80 à 100 mètres de largeur et 1 m. 20 environ de profondeur. Au dire des indigènes, elle était autrefois plus étendue,

Son fond, par suite des raclages successifs qu'on lui fait subir pour recueillir les efflorescences salines, va en s'approfondissant un peu chaque année.

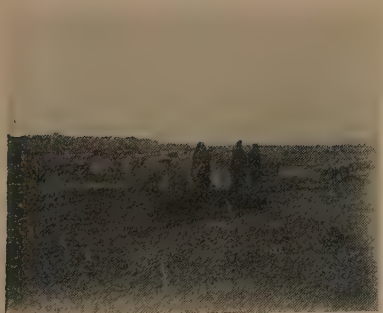
Un lambeau d'une petite assise jaunâtre de grès ferrugineux et calcaire, de 10 à 15 centimètres d'épaisseur, qui existe sur le bord



1



2



3



4

Fig. 48. — GOURSELIK. INDUSTRIE DU SEL.

1, Récolte des efflorescences salines par raclage du sol ; 2, lessivage de la terre qui contient le sel ; 3, fabrication des pots en terre dans lesquels sera évaporée l'eau salée qui provient de l'opération précédente ; 4, four où se fait artificiellement cette évaporation.

occidental de la mare, et qui devait en tapisser tout le fond, montre que l'approfondissement de cette cuvette a été d'un demi-mètre environ, depuis que l'on s'est mis à exploiter le sel.

Eau. — La mare n'est complètement sèche qu'en avril. Avant que l'on se mette à exploiter son sel, elle ne s'asséchait que plus tard,

peu avant le retour de la saison pluvieuse. Au premier janvier 1908, lors de mon passage, l'eau, qui s'était à peine retirée d'une vingtaine de mètres, avait environ 15 à 20 centimètres de profondeur.

Au fur et à mesure que les bords de la mare se dégagent, par le retrait des eaux, des efflorescences salines apparaissent sur les parties émergées, et forment une belle auréole blanche, tout autour de la nappe liquide.

Ces sels efflorescents agglutinent les grains de sable et de terre du fond de la cuvette et forment avec eux une croûte mince, fragile, à structure mamelonnée, craquant sous les pieds, que les indigènes recueillent en raclant le sol. Le même endroit est raclé plusieurs fois, à quatre ou cinq jours d'intervalle. La récolte se fait méthodiquement. Pour éviter tout gaspillage, le chef de village désigne les parties qui peuvent être exploitées, et chacun reçoit sa parcelle.

Filtrage. — La terre à manda, ou terre à sel, est lessivée dans de grands paniers-filtres en paille ayant une contenance d'un demi-mètre cube environ. Intérieurement, sauf sur un petit espace du fond, où l'on met du sable, ces paniers-filtres sont recouverts d'une mince couche étanche de terre argileuse.

La terre à lessiver est recouverte d'une très mince couche de cendres qui, au dire des indigènes, activent le filtrage de l'eau.

Une dizaine de canaris d'eau, environ un hectolitre, sont versés dessus. L'eau passe lentement, en dissolvant et en entraînant les sels solubles, et tombe dans une petite fosse étanche qui a été creusée au-dessous du panier-filtre. Le lessivage, commencé le matin, est terminé le soir. La même terre ne sert qu'une fois.

Sels dissous. — La terre à manda contient de la thénardite ou sulfate de soude, du chlorure de sodium et du carbonate de soude ou natron.

L'eau, en s'écoulant du filtre, abandonne de grandes quantités de sulfate de soude. Ce dernier sel se dépose sur les pailles qui pendent sous le filtre, et le long desquelles l'eau ruisselle et forme des stalactites, en aiguilles assez longues, et des stalagmites. Cette substance est blanche, un peu jaunâtre.

L'eau de lessivage est très salée et a une couleur brunâtre. Arrivée dans la petite cuvette qui est creusée sous le filtre, elle abandonne encore du sulfate de soude qui forme des dépôts concrétionnés sur les parois du récipient. De là, l'eau salée est transportée dans un autre réservoir étanche placé à proximité du four où elle sera évaporée artificiellement. Ce réservoir, identique au premier, a une contenance beaucoup plus grande, un mètre cube environ. L'eau abandonne encore

du sulfate de soude dans ce grand réservoir. Des brins de paille plongés dans cette solution saline facilitent la cristallisation de ce sel.

Des grappes de beaux cristaux, appartenant au système rhomboédrique, de forme très nette, *mb*¹, se déposent sur cette paille. Ces cristaux sont friables. Ce ne sont que des squelettes de cristaux. C'est leur enveloppe, recouverte d'un enduit jaunâtre, jaune miel, qui leur donne un peu de consistance. Il ne m'a pas été possible d'en conserver même dans du coton. Après avoir été retirés de l'eau-mère, dans laquelle ils se sont formés, et après dessiccation, ces cristaux tombent souvent en poussière. Quelquefois, sous une mince enveloppe, très fragile, il n'existe que cette poussière.

Evaporation. — L'évaporation artificielle de l'eau salée se fait dans de petits pots en terre, de 4 à 5 litres de contenance chacun. Ces pots, supportés par un petit piédestal en terre, sont placés côte à côte et maintenus en place par un petit mur de 0 m. 50 qui en fait le tour. Des ouvertures pratiquées dans ce mur permettent d'introduire la paille sèche qui sert à la chauffe. Pendant que l'eau s'évapore, des hommes, armés d'un bâton, remuent le liquide, tandis que d'autres le remplacent à mesure qu'il disparaît. La chauffe dure toute la journée (1).

Vers le soir, les pots sont presque pleins de sel. On laisse alors éteindre le feu. Les récipients sont ensuite cassés et on a un bloc ou pain de manda qui est utilisé comme sel d'alimentation. Ce dernier n'est jamais uniquement formé de chlorure de sodium pur, il renferme toujours du sulfate de soude et du carbonate de soude.

Depuis quelques années, la production du manda va en diminuant à Gourselik. La qualité du produit a aussi diminué.

En 1908, à mon passage, 24 fours fonctionnaient encore dans cette localité, alors qu'autrefois il y en avait un bien plus grand nombre. Les pains de manda valaient 400 à 500 cauris, soit de 0 fr. 40 à 0 fr. 50, tandis qu'ils se payaient le double, quelques années auparavant.

Les indigènes pourraient encore retirer du sel d'assez bonne qualité, s'ils savaient rejeter au loin, c'est-à-dire hors de la cuvette, le sulfate de soude qu'ils obtiennent chaque année pendant les opé-

(1) De temps en temps, un aide jette sur les pots en ébullition du *coumpi*, poudre obtenue avec les feuilles et les fruits d'un arbrisseau appelé *koula-koula*, qui sert de *bori* ou de *gri-gri*.

ractions. Abandonné sur place, ce sel est redissout à la saison pluvieuse suivante et retourne dans la mare où on le retrouve de nouveau.

Le sel du Manga est exporté en grand à Kano où il est vendu trois fois son prix d'achat.

De Karagou à Mostafarem. — Pour donner une idée de l'aspect et de la structure du Manga, qui me paraissent être les mêmes partout, je vais décrire l'itinéraire de Karagou à Mostafarem, deux localités qui sont situées à l'est et au nord-est de Gourselik.

La cuvette de Karagou a la forme d'un croissant, aux pointes larges et arrondies, dont la convexité est tournée vers le nord-est. Elle mesure 1.500 à 2.000 mètres de long, 400 mètres de large et 15 à 20 mètres de profondeur.

Son fond est entouré par une ceinture de doums. Ces derniers sont même très abondants aux deux extrémités de la cuvette. Une mare temporaire en occupe la partie centrale. Elle s'assèche complètement pendant la saison sèche, et les efflorescences salines qui se forment dans le fond sont recueillies pour la fabrication du manda.

Son sel est de qualité très inférieure, et il est beaucoup moins estimé que celui de Gourselik.

Le sulfate de soude, cependant, est moins abondant ici, car il se dépose en bien plus petites quantités sur le fond extérieur des paniers filtres et dans les fosses qui reçoivent les eaux de lessivage.

Le kanwa existe très abondamment à Karagou. Dans la partie de la mare qui n'était pas encore asséchée, à mon passage, au commencement de janvier 1908, et qui était saturée de cette substance, le kanwa flotlait à la surface des eaux sous la forme de minces pellicules blanches.

Ce produit se rencontre presque seul dans la première croûte de terre qui existe au fond de la mare, et les indigènes n'utilisent, pour la fabrication du manda, que la terre qui vient au-dessous. C'est probablement à cette grande abondance de kanwa que le sel de Karagou doit d'être très peu estimé.

Deux autres cuvettes, situées à 500 mètres et à 2 kilomètres au sud-ouest du Karagou, et occupées par des mares permanentes, sont particulièrement intéressantes. Dans la première, les eaux sont natronnées et après leur concentration, par évaporation, des pellicules blanches de natron flottent à leur surface ou adhèrent aux tiges des roseaux. Dans l'autre, les eaux sont douces ou à peu près douces, et sont habitées par des caïmans.

A la sortie de Karagou, sur plus de deux kilomètres, le chemin traverse d'abord une région très légèrement ondulée, puis descend

dans une dépression de deux à trois kilomètres, à moitié ensablée, sur les bords et dans le fond de laquelle croissent des doums et des arbustes épineux.

Le sol se continue ensuite avec de légères ondulations et présente quelques dépressions, tantôt complètement asséchées, tantôt encore occupées par des petites mares.

La mare qui se trouve dans la cuvette de Mostafarem donne du manda. Son fond a été envahi par les sables. C'est sur ces derniers que se déposent les efflorescences salines, et ce sont eux qui sont lessivés.

Plus loin, vers le nord-est, le paysage se poursuit avec les mêmes caractères, mais les mares salées diminuent d'importance, puis disparaissent.

Adebour. — Adebour est la dernière localité du Manga occidental, du côté de l'est, où l'on trouve du manda et du kanwa.

Ce gros village est bâti sur le seuil, de 500 à 600 mètres de large, qui sépare deux mares, l'une à manda, au nord, l'autre à kanwa, au sud.

Ces mares se trouvent dans la même cuvette que les sables, amenés par les vents, ont divisée en deux. Les sables s'avancent encore sur ce seuil et l'élèvent à chaque saison.

La cuvette méridionale d'Adebour, celle qui possède du kanwa, est assez régulière. Les puits sont creusés sur ses bords et atteignent l'eau douce à une faible profondeur.

La cuvette septentrionale, celle dans laquelle on exploite le manda, est de beaucoup la plus grande. Un étroit sillon, qu'elle envoie vers le nord-ouest, ressemble fort à la vallée d'un ancien cours d'eau qui aurait débouché dans cette cuvette. En réalité, c'est un prolongement de la cuvette qui n'a pas encore été totalement comblé par les sables.

Une arête sableuse, de plus de dix mètres de haut, surmonte le bord septentrional de cette cuvette.

Adebour fournit une certaine quantité de manda, qui n'est pas très estimé. La production va en diminuant, et les ateliers étaient plus nombreux il y a quelques années.

L'exploitation a dû être prospère autrefois, si l'on en juge par les nombreux et volumineux amas de terre lessivée qui existent dans l'intérieur de la cuvette.

Il est tout à fait curieux de signaler ce voisinage du manda et du kanwa dans deux mares très rapprochées l'une de l'autre et appartenant à la même cuvette, comme il est également curieux de constater que les mares à manda et à kanwa sont intercalées les unes dans les autres.

2. — Du Tchad au Mounio par le désert de Mir.

Du bord nord-ouest du Tchad au Mounio s'étend une vaste zone désertique, de près de 300 kilomètres de large.

C'est à travers cette région désolée, pourvue seulement de quelques puits, que passait la route qui conduisait du Niger à nos possessions des bords du Tchad. Depuis la rectification de la frontière, le chemin suit la vallée de la Komadougou où l'on trouve de l'eau partout et des villages à chaque étape.

Du Tchad à Mir. — La traînée sableuse qui borde le Tchad au nord, et que nous avons décrite à N'Guigmi, longe le bord occidental du lac et se poursuit, vers le sud, sur une certaine distance.

Elle est peu régulière, et sa crête est plus ou moins mamelonnée. Au point où elle est coupée par la route qui se rend à Mir, elle mesure une douzaine de mètres de haut et 150 mètres de large environ.

Comme à N'Guigmi, une zone plane, un peu déprimée de quelques kilomètres de large, s'étend en dehors de cette traînée sableuse. C'est là que, à travers des formations argilo-sableuses, est creusé le puits de Woudi.

Jusqu'à Mir, sur environ 115 kilomètres, le paysage est à peu près toujours uniforme. C'est une plaine sableuse qu'accidentent quelques cuvettes ordinairement assez espacées.

Par endroits, les monticules de sables sont surmontés de petits mamelons diversement orientés et ne dépassant pas 6 à 8 mètres de hauteur au maximum.

Les cuvettes, qui sont fermées, ont des formes plus ou moins régulières. Parfois elles sont ellipsoïdales ; d'autres fois elles sont circulaires. Quelques-unes émettent à leurs extrémités de petits prolongements que l'on serait tenté de prendre pour des lits d'affluents, mais qui, en réalité, ne sont que des portions de la cuvette non complètement ensablée.

Les cuvettes ont 40 mètres de profondeur en moyenne, parfois 20 mètres seulement, rarement 50 mètres. Leurs flancs, qui sont en pente douce, sont quelquefois ravinés par les eaux de ruissellement.

Leurs fonds sont ordinairement ensablés. Cependant des formations argilo-sableuses, parfois un peu calcaires, apparaissent dans plusieurs de ces cuvettes.

La cuvette de Mir, de forme grossièrement triangulaire, avec des prolongements dirigés vers l'ouest, le nord-est et le sud, a près de 2 kilomètres de tour et mesure de 20 à 25 mètres de profondeur.

Son fond est formé par des dépôts argilo-sableux grisâtres, que mouchètent quelques petites masses blanchâtres de calcaire. De petits rognons d'opale ménilite, aux formes très irrégulières, se trouvent en outre disséminés dans cette formation. Ils sont ramenés à la surface avec les déblais retirés des puits.

A Mir, l'eau est à 7 mètres de profondeur environ. Elle est abondante et bonne, c'est-à-dire pas trop natronnée. Par contre, de Woudi à Mir, l'on ne trouve pas d'eau. Les quelques puits que l'on a creusés entre ces deux points n'en ont pas donné.

De Mir à Chirmaleck. — De Mir à Chirmaleck, il y a une centaine de kilomètres, avec le seul puits de Kakara à environ mi-chemin.

Le paysage est toujours le même, avec ses dépressions distantes de 2 à 3 kilomètres les unes des autres, et profondes de 20 à 25 mètres en moyenne. Le plus souvent celles-ci sont complètement fermées, c'est-à-dire sans aucune communication entre elles. Leurs rebords sont parfois un peu abrupts et le fond est ordinairement un peu ensablé.

La cuvette de Kakara a de 15 à 20 mètres de profondeur. Son fond est formé par des argiles sableuses au milieu desquelles se trouvent de petits ménilites. L'eau est à 4 à 5 mètres seulement.

Chirmaleck et ses environs, avec ses cuvettes profondément encaissées, allongées nord-sud, et souvent reliées les unes aux autres, et ses monticules de sable, parfois mamelonnés, de 40 à 50 mètres de haut, rappellent la région du Kanem. Le monticule sablonneux qui se trouve à l'ouest du puits est un des points culminants de cette région. Du petit fortin, en ruine, qui se trouve à son sommet, le regard s'étend très loin, tout autour.

Les puits de Chirmaleck ont 2 à 3 mètres de profondeur. Dans beaucoup de cuvettes, notamment dans celles des environs de Chirmaleck, l'eau doit être à une faible profondeur, car les doums, qui aiment les sols humides, y croissent vigoureusement.

De Chirmaleck à Gouré. — On est dans la partie nord-ouest du Manga. Le pays est inhabité, mais n'est pas désertique, car il possède de l'eau à peu près partout, ainsi qu'en témoignent les doums qui poussent dans presque toutes les cuvettes. Il n'y a pas longtemps qu'il était habité, car, en de nombreux points, on rencontre encore les ruines de plusieurs villages.

Les dépressions qui s'ouvrent entre les monticules de sables ont de 20 à 30 mètres de profondeur. Leurs bords sont parfois abrupts. Certaines d'entre elles émettent des prolongements qui semblent être les vallées d'anciens affluents ; d'autres sont reliées plusieurs ensemble par des chenaux plus ou moins comblés par les sables.

Ces cuvettes, ou dépressions, du nord du Manga, ne possèdent pas de mares. Leur fond, du reste, est ensablé. L'une d'elles, cependant, située à peu près à égale distance entre Chirmaleck et Gouré, m'a montré quelques efflorescences de natron.

3. — Région de Komadougou.

De la région de la Komadougou, je n'ai exploré que la partie inférieure de ce cours d'eau, sur 150 kilomètres environ, et je n'ai étudié la vallée que dans ses 100 derniers kilomètres.

La vallée de la Komadougou, sur quelques kilomètres de large, est occupée par une végétation luxuriante qui contraste grandement avec celle, plutôt maigre, des régions avoisinantes.

La Komadougou est un cours d'eau temporaire, le seul affluent de la rive occidentale du Tchad. Elle ne coule que durant les cinq derniers mois de l'année, pendant et après la saison des pluies.

A mon arrivée à Tourbanguida, près de Kabi, vers le milieu de janvier 1908, le débit de la Komadougou était faible : elle avait à peine 20 à 25 centimètres d'eau. Peu de temps auparavant, elle coulait à pleins bords. A Bosso, à 100 kilomètres en aval, presque à son embouchure, elle ne coulait plus depuis le début de janvier.

Contrairement à ce qui se passe d'ordinaire pour les cours d'eau, le lit de la Komadougou, à partir de Tourbanguida, où j'ai commencé à explorer cette rivière, va en se rétrécissant à mesure qu'on se rapproche de l'embouchure. Il est environ 2 fois plus large à Tourbanguida qu'à Bosso, à 100 kilomètres en aval, près du bord du Tchad.

La Komadougou perd beaucoup d'eau par évaporation et, surtout, par infiltration dans le sous-sol sablonneux. Comme elle ne reçoit aucun affluent dans toute la partie inférieure de son cours, il en résulte que son débit diminue progressivement à mesure qu'on se rapproche du Tchad. Son lit se rétrécit dans le même sens.

C'est le même phénomène que nous avons constaté pour les torrents qui dévalent, après les orages, le long des falaises sableuses des nombreux dallols que nous avons décrits sur la rive gauche du Niger.

D'anciens bras de la Komadougou, dominant de 2 à 3 mètres le

fond du lit actuel de cette rivière, existent de part et d'autre de celle-ci. A la saison des pluies, quand la Komadougou monte, ils sont envahis par les eaux.

Tous ces faux bras prouvent que cette région constituait autrefois une traînée marécageuse, avec îlots de sable émergeant des eaux. Quand le niveau du Tchad baissa, cette zone basse servit de canal d'écoulement. A la fin, la Komadougou, longeant ou contournant ces îlots de sables, adopta son cours actuel et lui donna la forme qu'il possède aujourd'hui.

Du blé est parfois cultivé dans le fond argileux de ces anciens bras de rivière ; on l'amène à maturité grâce à de fréquents arrosages.

Au delà de Bosso, le lit de la Komadougou a le même aspect qu'en amont, avec méandres très serrés et berges assez élevées et abruptes. Ces dernières, qui avaient 4 à 5 mètres à Bosso, n'ont plus que 2 à 3 mètres, à 6 kilomètres environ en aval ; deux kilomètres plus loin, plus qu'un mètre.

La Komadougou va se perdre dans un réseau inextricable de joncs, d'herbes, de roseaux. A son point terminus, j'ai observé des eaux dormantes sur 4 à 5 mètres de large et sur quelques décimètres de hauteur, mais il ne m'a pas été possible de voir les eaux libres du lac.

Dans toute cette partie du bord du Tchad, les sables qui constituent le sol sont imbibés d'eau. En certains points, ils sont même recouverts d'efflorescences salines blanches de natron.

III. — Les régions situées à l'est, au nord-est et au nord du Tchad.

1. — Pays de Folé.

Généralités. — La région comprise entre la branche septentrionale et la branche orientale du Tchad s'appelle Folé, d'un mot bou-douma qui signifie papyrus, les roseaux existant dans presque toutes les cuvettes de ce pays.

Vers l'ouest, sur toute la bordure orientale du Tchad, il n'y a aucune différence entre les îles de sables, qui constituent les archipels de ce lac et les monticules de sables, qui se dressent sur la terre ferme. Les îles peuvent devenir monticules et, inversement, les monticules peuvent se transformer en îles : il suffit que le niveau des eaux varie.

Et c'est ce que l'on a vu pour la partie septentrionale du Tchad d'où les eaux s'étaient complètement retirées, en 1907 et 1908, à la suite de la diminution du débit du Chari, pour commencer à y revenir en 1909, à la suite d'une crue de ce dernier.

Cependant, le caractère tchadien va en s'effaçant à mesure qu'on s'éloigne du lac, et qu'on pénètre plus avant dans des régions plus anciennement émergées. On passe insensiblement de cette région inhabitée, ou simplement parcourue par des tribus nomades, au plateau habité du Kanem.

La caractéristique du pays de Folé réside dans ses nombreuses mares, temporaires ou permanentes, aux eaux ordinairement natronnées, sur les bords desquelles croissent de nombreux roseaux. Ces mares occupent toujours le fond de cuvettes que tapissent des dépôts argileux semblables à ceux du Tchad.

Les cuvettes sont les anciens carrefours d'un plus grand Tchad que les sables ont isolés les uns des autres en comblant les chenaux qui les reliaient entre eux. Ces chenaux, du reste, sont presque toujours indiqués.

C'est dans l'angle compris entre les deux branches orientale et septentrionale du Tchad que se trouvent la plupart des mares où l'on exploite le natron. Je n'ai pas eu le temps de les visiter. Le capitaine Freydenberg, les a étudiées dans sa thèse [42].

En 1908, c'était la cuvette de Kilbouram, — que je n'ai pas vue, — située à 25 kilomètres environ au nord de Samia, qui fournissait la plus grande partie du natron que l'on embarquait, dans cette dernière localité, à destination du Bornou anglais.

De Bol à Kouloa. — La piste de Bol à Kouloa, en passant par la mare d'Yri, traverse le pays de Folé.

Tout le long du chemin, l'ancien système tchadien est très démolí. Les chenaux, ou bahrs, sont presque toujours comblés par les sables. Les carrefours, qui sont plus ou moins ensablés aussi, se trouvent isolés les uns des autres et sont devenus des cuvettes fermées, dans la plupart desquelles on voit encore la naissance des chenaux qui en partaient.

Des mares, temporaires ou permanentes, existent ordinairement dans ces cuvettes. Après évaporation des eaux, le fond se recouvre d'un tapis d'efflorescences blanches de natron.

Par endroits, le sol est presque plat, avec simples alternances de zones un peu déprimées et de zones un peu surélevées.

Les monticules de sables n'ont pas conservé la netteté des îles du Tchad. Ils ont été en partie démolis par les vents. Presque partout, leur surface est recouverte de petites dunes de 2 à 3 mètres de haut. Parfois, ces dunes sont en traînées sensiblement orientées est-ouest, ou nord-est sud-ouest; elles sont quelques fois placées en cercle autour des cuvettes dont elles couronnent le rebord.

A 10 ou 15 kilomètres au sud d'Yri, une cuvette ayant une pointe dirigée vers l'est, est bordée au nord et au sud par deux rangées semblables de petites dunes de 6 à 7 mètres de hauteur.

La mare permanente d'Yri est à 25 kilomètres environ à l'est de Kamba. Elle occupe le fond de deux anciens carrefours, en partie ensablés, que relie un chenal nord-est-sud-ouest d'une cinquantaine de mètres de large. La portion septentrionale, qui a plus de 3 kilomètres de tour, est bordée, du côté de l'est, par de puissants mame-lons de sables. Chose curieuse, un petit îlot de sable, assez élevé, se trouve au milieu de cette mare.

D'Yri à Kamba, le chemin se dirige de l'est à l'ouest. On marche dans la direction du Tchad. Le système tchadien devient de plus en plus net à mesure qu'on avance, c'est-à-dire qu'on se rapproche du lac. Quelques kilomètres avant Kamba, on est dans la région où les carrefours et les chenaux étaient encore tout récemment occupés par les eaux. Enfin, de Kamba à Kouloa, on circule dans l'ancien archipel boudouma, déjà décrit.

Dans toute la partie du Folé que j'ai vue, la végétation est très

clairsemée. Toutes les mares possèdent une ceinture de roseaux. Des doums ou hyphènes (*Crucifera thebaïca*) leur forment ordinairement une deuxième couronne, extérieure à la première; ces végétaux s'observent presque partout, soit en bordure dans le fond des dépressions, soit en traînées dans les anciens chenaux qui réunissaient ces dépressions.

De rares arbustes épineux croissent sur les monticules de sables que des touffes de graminées, de 1 m. 50 de hauteur en moyenne, recouvrent à peu près partout. Enfin, par endroits, il existe des siwaks (*Salvadora persica*) en abondance.

2. — Dagana.

On donne le nom de Dagana à une petite région, très peuplée, qui est située à l'extrémité de la branche orientale du Tchad.

Le Dagana est à cheval sur une zone légèrement déprimée que sillonne un long bahr, aux nombreux méandres, qui est en relation avec le sillon du Bahr el Gazal, dont nous parlerons plus loin, et dans lequel s'avancent les eaux du Tchad, lors des grandes crues.

Ce pays mesure une soixantaine de kilomètres de long, est-ouest, des environs de Massakori au Tchad, et une vingtaine de kilomètres de large.

L'eau abonde dans toute cette région, et les puits n'ont que quelques mètres de profondeur. C'est la cause de la prospérité de ce petit pays.

Au nord, à l'est et au sud, par contre, le Dagana est limité par des zones désertiques, ou inhabitées, dans lesquelles l'eau, sauf vers le nord, est assez profonde.

Le sol des environs de Massakori est à peu près plat et argileux. Aussi, des mares et des marécages s'établissent à sa surface, pendant la saison des pluies. A la saison sèche, ces mares et ces marécages disparaissent, et leur fond argileux se crevasse et se fendille sous l'action du soleil.

A peu de distance à l'ouest de Massakori, commence le système tchadien avec ses îlots de sables, plus ou moins élevés, que séparent des carrefours et des chenaux plus ou moins nets.

Ces îlots de sables, à peine indiqués vers Massakori, se relèvent insensiblement à mesure qu'on avance vers l'ouest, c'est-à-dire vers le Tchad. Tout à fait à côté du lac, ils dominent de 5 à 6 mètres les fonds des bahrs secs qui s'ouvrent entre eux.

Il n'y a aucune différence entre ces îlots de sables du Dagana, totalement exondés, et les îlots entièrement entourés d'eau de l'archipel des Kouris. Les uns sont la continuation des autres. Ils font partie d'un même tout, c'est-à-dire d'une formation ayant une origine commune.

La limite entre la partie émergée et la partie immergée suit les fluctuations des eaux du Tchad, s'avancant dans les terres fermes ou s'en éloignant, suivant que le niveau du lac monte ou descend.

Dans les bahrs actuellement à sec, et même à d'assez grandes distances du Tchad, on rencontre presque partout des coquilles. A côté de Kabirom, sur une petite masse de sable qui occupe le fond d'un grand carrefour, de 6 à 7 mètres de profondeur, j'ai recueilli les espèces suivantes :

Planorbis Bridouxi BOURGUIGNAT

Physa (Isodora) strigosa MARTENS

Physa (Isodora) trigona MARTENS

Physa (Isodora) tchadiensis GERMAIN

Limnæa tchadiensis GERMAIN

Vivipara unicolor OLIVIER

Melania tuberculata MÜLLER

Unio (Nodularia) Lacoini GERMAIN.

A partir de Bolakolé, situé à égale distance entre Massakori et le Tchad, jusqu'à Massakori, il existe un petit sillon, que je n'ai pas suivi sur tout son parcours, mais qui serait continu. Ce sillon, aux nombreux méandres, contourne les îlots de sable très surbaissés qui accidentent le sol. Il a 300 mètres de large au maximum et 2 mètres de profondeur environ. Aux points où je l'ai vu, il figure assez bien le lit d'un cours d'eau. En allant de Massakori à Materam, je l'ai coupé en plusieurs points, et partout dans son fond, et là seulement, j'ai constaté l'existence de coquilles, principalement de Bivalves (*Unio*, *Mutela*, etc.); les premières que j'ai observées se trouvaient à 2 ou 3 kilomètres à l'ouest de Massakori.

Ce petit sillon — qu'il ne faut pas confondre avec le large sillon du Bahr el Gazal, dont je parlerai un peu plus loin — a été le dernier fossé qui a relié la nappe liquide du Tchad aux lagunes des environs de Massakori. Les indigènes ne l'appellent jamais Bahr el Gazal, mais bahr Massakori, ainsi que l'a déjà fait remarquer le capitaine Freydenberg. D'après cet officier, ce sillon était encore occupé par les eaux en 1898.

3. — Kanem.

Généralités. — Le Kanem, ou pays des Kanembous, n'a pas de limites définies, ni de caractères géographiques bien nets.

Au nord, il se continue par une région qui lui est absolument identique, le Lilloa. A l'ouest, par le pays de Folé, il se raccorde aux archipels du Tchad avec lesquels il a beaucoup d'analogies. Il s'infléchit doucement vers le sud, pour se relier à la région à peu près plane du Dagana. Enfin, vers l'est, il s'étendrait, d'après le dire des indigènes, au delà de la falaise à peu près rectiligne, orientée nord-est-sud-ouest, qui passe à 7 ou 8 kilomètres de Mao.



Fig. 49. — COUPE PASSANT PAR MAO, MONTRANT L'ASPECT DU KANEM.

1, sables dunaires ; 2, argiles calcaires.

Dans presque tout le Kanem, les sables forment de grands monticules ayant souvent de deux à trois kilomètres de long, sur un à deux kilomètres de large, et au maximum 60 à 80 mètres de haut (fig. 49).

Ces monticules sableux sont enchevêtrés les uns dans les autres, et sont sensiblement orientés nord-sud. Ils sont les analogues des îlots de sable qui existent dans le Tchad, notamment sur son bord oriental.

De vastes et profondes cuvettes s'ouvrent entre ces monticules (fig. 50). Elles sont toujours comprises entre trois ou quatre monticules de sables, tout comme les carrefours du Tchad sont toujours situés entre trois ou quatre îlots.

Des chenaux, plus ou moins ensablés, relient ordinairement plusieurs cuvettes ensemble. Ils s'ouvrent toujours entre deux monticules de sables et sont orientés nord-est ou nord-ouest.

Avec les canaux qui les réunissent, ces cuvettes sont les analogues des carrefours et des chenaux qui s'ouvrent entre les îlots sableux du Tchad.

A part la présence des eaux dans le Tchad, et des différences de hauteur et de conservation entre les monticules de sables de l'un

et les îlots de l'autre, c'est donc l'identité absolue de forme entre le Kanem exondé et le Tchad mi-partie émergé et mi-partie immergé.

Les cuvettes et les chenaux du Kanem sont souvent reliés plusieurs ensemble, en traînées plus ou moins rectilignes, et constituent des sillons parfois assez longs, toujours un peu sinueux, élargis par endroits, rétrécis dans d'autres, qui ont été pris à tort pour des « ouaddis », pour des vallées.

Des dépôts sédimentaires blanchâtres, assez friables, ordinairement argilo-calcaires, parfois un peu sableux, s'observent dans le fond de la plupart de ces cuvettes. Les vents les érodent un peu chaque année. Dans certaines cuvettes, ces formations ont été enlevées sur plusieurs mètres d'épaisseur.

Dans la cuvette qui est à l'ouest de Mao, où j'ai spécialement étudié leur allure, ces dépôts sont en forme de fond de bateau.

C'est avec une disposition identique, en fond de bateau, et c'est dans des cuvettes entre des monticules de sables, que se trouvent les dépôts sédimentaires qui existent en de si nombreux points dans l'Eguéï et le Bodelé.

Les sédiments argileux qui se déposent actuellement entre les îlots de sables du Tchad, se présenteraient dans les mêmes conditions, après un assèchement du grand lac centre africain.

Nous verrons un peu plus loin que M. Freydenberg considère ces dépôts sédimentaires du Kanem, ainsi que ceux du Chitati et du Manga, comme une formation continue, d'origine lacustre, que les monticules de sables, qui les dominent de toutes parts, seraient venus recouvrir plus tard.

Du Tchad à Mao. — A partir de Mattégou, dès qu'on s'éloigne du Tchad, l'aspect tchadien du paysage, d'abord très net, va en s'atténuant peu à peu, ayant été démoli par les vents et par les eaux de pluie.



Fig. 50. — VUE DES CUVETTES
SITUÉES AU NORD DE MAO.

On voit deux cuvettes, d'anciens carrefours en partie ensablés, dont le fond est occupé par une végétation arborescente ; elles sont reliées par un chenal, un ancien bahr également en partie ensablé. L'ensemble a été pris, à tort, pour un oued, ou vallée.

Jusqu'au puits de Da, qui est à 25 kilomètres environ à l'est de Mattégon, cet aspect tchadien se reconnaît encore très bien. Les chenaux, qui reliaient les carrefours entre eux, ne sont pas partout complètement comblés par les sables. Les carrefours subsistent encore, isolés les uns des autres, et transformés en cuvettes fermées au fond desquelles il existe presque toujours des mares ordinairement temporaires.

En même temps que les sables, poussés par les vents, comblaient les dépressions, ils édifiaient aussi de nombreuses petites dunes, aujourd'hui fixées par la végétation. Celles-ci deviennent de plus en plus nombreuses, et plus massives, à mesure qu'on avance vers l'est. Peu avant Da, elles ont 6 à 7 mètres de hauteur.

Entre le puits de Da et celui de Souadâ, sur près de 20 kilomètres, le système tchadien (îlots de sables, carrefours et chenaux) a presque entièrement disparu. Il reste seulement, de distance en distance, quelque partie de chenal ou de carrefour que les sables n'ont pas entièrement comblés.

Des dunes, plus ou moins rapprochées, existent presque partout de chaque côté du chemin.

La cuvette de Souada est presque comblée par les sables. Elle ne forme plus qu'une légère dépression triangulaire de moins de 500 mètres de tour.

Après Souada, le sol est toujours plat, à peu près uni ou légèrement ondulé. A plus de mi-chemin de cette cuvette à celle de Koro, sur un espace de plus de deux kilomètres de long et de 600 à 700 mètres de large, se dressent des traînées de dunes, orientées nord-est-sud-ouest, de 6 à 7 mètres de hauteur. Des dunes semblables s'observent encore à deux kilomètres environ avant Koro.

La cuvette de Koro est une grande dépression orientée nord-est-sud-ouest, de 500 à 600 mètres de long sur 150 mètres de large et 15 à 20 mètres de profondeur. Elle est bordée de tous côtés par des dunes de 6 à 7 mètres de haut. Grâce à son orientation, les vents la prenant en enfilade, l'ensablement a été moins rapide et moins complet.

Après Koro, sur une dizaine de kilomètres, le sol continue à être à peu près uni. C'est une grande plaine au milieu de laquelle se dressent quelques touffes de doums. On reconnaît là, grâce à la présence de ces végétaux, le fond d'un ancien carrefour.

Puis, sur une autre dizaine de kilomètres, entre le puits de Tagoun et celui de Toroundou, le sol est accidenté, de nouveau, par des cuvettes de 15 à 20 mètres de profondeur, qu'entourent des dunes ayant parfois près de 10 mètres de hauteur.

On rencontre ensuite, de distance en distance, de grands espaces

plats, un peu déprimés, dans lesquels sont disséminés quelques douns qui attestent l'existence d'un ancien bas-fond en ce point.

Enfin, à partir d'une dizaine de kilomètres avant Mao, le sol se relève insensiblement et forme des monticules de sables, ayant près de 80 mètres à Mao même, que séparent de vastes dépressions ordinairement reliées entre elles.

Mao et ses environs. — Le monticule de sables qui supporte le poste de Mao est sensiblement orienté nord-sud. Il mesure près de 3 kilomètres de long, 1.500 mètres de large et 70 à 80 mètres de haut. Etant un des monticules les plus élevés de tout le Kanem, il est visible de très loin.

Tous les monticules de sables qui se dressent autour de Mao ont à peu près les mêmes dimensions et la même orientation. Vers le nord, ils sont un peu moins élevés ; à 8 kilomètres environ, ils sont écrasés, comme aplatis. Si ce n'étaient les dépressions qui les séparent, le sol paraîtrait à peu près plat.

À 7 ou 8 kilomètres à l'est, les monticules de sables cessent brusquement, et font place à une vaste plaine, à peine ondulée, dont le niveau est intermédiaire entre celui du sommet des monticules et celui du fond des cuvettes.

Cuvette située à l'ouest de Mao. — De toutes les cuvettes des environs de Mao, les deux plus importantes sont celles qui se trouvent de part et d'autre de cette localité, à l'est et à l'ouest.

La cuvette qui est située à l'ouest de Mao, et que j'ai spécialement étudiée, mesure approximativement 1.000 mètres de long, nord-sud, sur 350 mètres de large. Elle est à 70 ou 80 mètres au-dessous du sommet du monticule de sables qui supporte le poste.

Des formations argilo-calcaires blanchâtres en occupent le fond et forment sur tout son pourtour un rebord de plusieurs mètres de haut. Ce rebord a été dégagé et modelé par l'érosion éolienne qui a emporté au loin, vers l'ouest, les éléments des formations sédimentaires du centre de la cuvette.

Ces sédiments argilo-calcaires forment un dépôt en fond de bateau. Puissants au centre, bien que déjà fortement érodés, ils vont en s'amincissant sur les bords. La coupe que j'ai relevée (fig. 51) sur le bord occidental de cette cuvette est très significative à ce sujet.

Dans le fond de la cuvette, d'après le capitaine Freydenberg, les sédiments argilo-calcaires ont à peu près 6 mètres d'épaisseur. C'est la profondeur que doivent avoir les puits pour atteindre la nappe aquifère qui se trouve dans les sables sous-jacents.

Suivant la saison, l'eau monte plus ou moins haut. A mon passage, au commencement de juillet, elle était à 1 m. 50 environ de la surface du sol.

Une tranchée que j'ai fait creuser sur le bord occidental de la cuvette, à une centaine de mètres du fond plat, et à environ quatre mètres au-dessus de celui-ci, à travers les formations sédimentaires

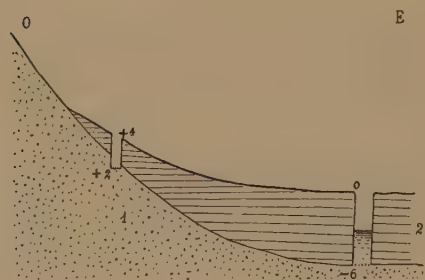


Fig. 51. — COUPE RELEVÉE SUR LE BORD OCCIDENTAL DE LA CUVETTE SITUÉE A L'OUEST DE MAO, ET MONTRANT LA DISPOSITION DE SES FORMATIONS SÉDIMENTAIRES EN FOND DE BATEAU.

1, sables dunaires ; 2, dépôts sédimentaires argilo-calcaires.

qui constituent le rebord dont j'ai déjà parlé, a rencontré les sables sous-jacents à moins de deux mètres de profondeur.

Sur ce flanc de la cuvette, la forme en fond de bateau des dépôts argilo-calcaires est donc très nette. A l'extrémité septentrionale de la même cuvette, dans une grande tranchée du champ de tir, qu'avait fait ouvrir le capitaine Cellier, j'ai également observé la même constitution et la même structure.

L'eau des puits creusés dans cette cuvette n'est pas natronnée. Cependant, après la saison des pluies, du natron agglutine les grains de sable du sol, et forme avec ceux-ci une croûte résistante qui craque sous les pieds.

Cuvette située à l'est de Mao. — La cuvette qui est située à l'est de Mao est un peu plus grande que celle que nous venons de décrire.

Sa partie centrale est nue, tandis qu'une ceinture de végétaux, principalement des dattiers (*Phenix dactylifera*), se développe sur tout son pourtour.

Son sol et son sous-sol sont constitués par des formations argilo-calcaires blanchâtres, devenant grisâtres en profondeur, qui ont à peu près six mètres d'épaisseur, d'après le capitaine Freydenberg.

Les vents ont déjà érodé, sur plus de deux mètres d'épaisseur, le fond de cette cuvette, en soulevant et en emportant au loin les fines particules argileuses et calcaires dont le sol est constitué. Ce sont ces éléments qui donnent naissance aux brouillards de poussière très

intenses, que l'on observe si fréquemment dans le centre de l'Afrique, au commencement et à la fin de l'année.

J'ai examiné très attentivement les parois d'une grande fosse que l'on a ouverte dans ces formations sédimentaires pour en extraire le « banco » qui a servi à la construction du poste, mais je n'y ai découvert aucune trace de coquilles.

Le capitaine Freydenberg [42, p. 68] a relevé la coupe suivante dans cette cuvette (fig. 52) ;

Les deux puits qu'il avait fait creuser, l'un « au fond de la cuvette » et l'autre « sur la pente de l'oued, un peu au-dessus du point supérieur d'affleurement du limon blanc de cette pente », non pour démontrer si ces formations constituaient une nappe continue, — ce qu'il admettait, — mais « pour déterminer si l'oued n'était pas dû à un affaissement du fond (dissolution de loupes de matières salines) », ainsi que M. Chudeau [22, p. 84], en avait

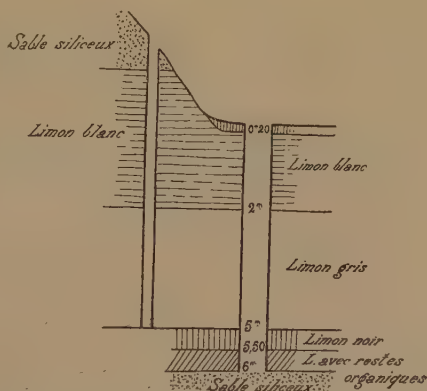


Fig. 52. — Coupe relevée dans la CUVETTE SITUÉE A L'EST DU POSTE DE MAO (d'après le capitaine Freydenberg).

émis l'hypothèse pour les cuvettes qui sont situées dans le Manga occidental, entre le Tchad et le Mounio, lui montrèrent que les mêmes couches se correspondaient au même niveau et il en conclut que la cuvette n'est pas due à un effondrement, ce qui est évident.

Mais le deuxième puits qu'il avait fait creuser « sur la pente de l'oued » n'était sans doute pas assez rapproché de l'ancien bord de la cuvette, que des sables éboulés ou entraînés par les eaux de ruissellement auraient recouvert, pour permettre de constater que les formations sont en fond de bateau, comme cela existe pour la cuvette située à l'ouest, de l'autre côté du monticule.

De Mao à Zigueï. — Entre Mao et Zigueï, distants de près de 90 kilomètres, le paysage présente les mêmes caractères qu'aux environs de Mao même.

Ce sont toujours des monticules de sables que séparent des dépressions, plus ou moins ensablées.

Les flancs des cuvettes sont presque toujours ravinés. Le flanc oriental est d'ordinaire plus abrupt que le flanc occidental, le vent ayant accumulé les sables d'un côté et les ayant enlevés de l'autre.

Dans ces cuvettes, lorsque l'ensablement n'est pas avancé, on observe les formations sédimentaires qui en tapissent le fond. A Kiri, ces dépôts sont blanchâtres, légers et très friables. Les puits qui les traversent rencontrent l'eau à 4 mètres de profondeur environ.

Jusqu'à Térééré, à près de 50 kilomètres au nord-est de Mao, il existe des dattiers et des doums dans la plupart des cuvettes.

Partie méridionale du Kanem. — Vers le sud, dans la direction de Massakori, le Kanem s'étend sur près d'une centaine de kilomètres, mais sans limite précise.

Aux monticules de sables qui le constituent, et qui vont en s'atténuant insensiblement, fait suite une région à peu près plane, au sol en partie argileux, le Dagana. Ces monticules de sables, comme nous l'avons déjà dit, ont près de 80 mètres de hauteur à Mao. A N'Gouri, à 50 kilomètres au sud, ils ont à peine une trentaine de mètres. Bien plus au sud encore, peu avant Massakori, ils n'existent plus, ou bien ils sont à peu près au même niveau que la plaine.

De grandes dépressions, sensiblement orientées nord-sud, et communiquant entre elles, s'étendent entre ces monticules de sables. Leurs fonds, dans lesquels sont creusés les puits, sont toujours occupés par des formations argilo-calcaires, ordinairement blanchâtres, quelquefois grisâtres.

Des chenaux, parfois à moitié ensablés, partent de ces dépressions et les relient les unes aux autres. Certains d'entre eux se rétrécissent en s'éloignant de la cuvette, et présentent l'aspect du lit d'un ancien cours d'eau.

Le paysage, avec ses carrefours et ses chenaux plus au moins ensablés, rappelle toujours le système tchadien et presque partout il est toujours reconnaissable.

Les anciens carrefours, et les chenaux qui les reliaient, sont occupés par des doums. Ces végétaux forment dans ces dépressions de grandes taches et de longues traînées vertes dont la couleur tranche très nettement sur la teinte jaune clair des monticules de sable.

Au sud du puits de Kalimboa, les dépressions sont encore moins profondes, et les doums qui en occupent le fond émergent de plus de

la moitié de leur hauteur. Les carrefours qui les reliaient sont souvent comblés par les sables.

Dans les environs du puits de Souaï, les sables forment de petites dunes de deux à trois mètres de haut.

Un peu au nord du petit village de Gourtela, à une douzaine de kilomètres environ avant N'Gouri, j'ai trouvé, mélangées aux sables, à mi-flanc d'une dépression, de nombreuses coquilles de petits mollusques :

Cleopatra bulimoides OLIVIER

Melania tuberculata MÜLLER

Corbula Lacoini GERMAIN

qui témoignent de l'ancienne extension du Tchad dans cette région.

M. Courtet a rapporté de la cuvette de Mondo, qui est à 25 kilomètres environ à l'est de N'Gouri, des tufs calcaires et des argiles.

M. Petit [*in* 9] a trouvé 32 espèces ou variétés de Diatomées dans les tufs et neuf espèces dans les argiles.

4. — Lilloa.

Généralités. — On donne le nom de Lilloa au pays qui s'étend au nord du Kanem, dont nous venons de parler, et qui est compris entre celui-ci, au sud, le Chitati, à l'ouest, le Manga oriental, au nord; et le Shilim Fahalanga, à l'est.



Fig. 53. — PROFIL PASSANT PAR FORT-PRADIÉ MONTRANT L'ASPECT DU LILLOA.

1, sables dunaires ; 2, argiles calcaires.

Sa plus grande dimension, nord-est-sud-ouest, des environs de Ziguéi à ceux de Fort-Pradié, mesure une centaine de kilomètres.

Le Lilloa n'a pas de limites définies. Par son aspect topographique, il est la continuation du Kanem, dont rien ne le distingue. Comme ce dernier, c'est un pays de grands monticules de sables (fig. 53), que séparent de grandes cuvettes, au fond argilo-calcaire blanchâtre, ordinairement reliées entre elles par des chenaux plus ou moins ensablés.

Ainsi que l'a dit le capitaine Freydenberg [42, p, 64], ces deux pays, Kanem et Lilloa, ne désignent que des habitats, habitat des Toubous Alalea pour le Lilloa, habitat des Kanembous pour le Kanem.

Du Lilloa, j'ai étudié les environs de Fort-Pradié ou Bir Alali, les environs de Zigueï, et j'ai traversé sa partie septentrionale, en allant de ce dernier poste à Kouloa sur les bords du Tchad.

Fort-Pradié. — Fort-Pradié, encore appelé Bir Alali, est à 35 kilomètres au nord de Mao. Il est bâti sur le sommet d'un des nombreux monticules de sables qui accidentent si pittoresquement cette partie du Lilloa.

Dans toute cette région, les monticules de sables n'ont pas de forme bien régulière. Leurs sommets sont souvent terminés par de petits mamelons, que les vents auraient édifiés, ou que les eaux de ruissellement auraient modelés.

Actuellement, les sables sont tassés et n'offrent plus guère de prise aux vents. C'est l'eau qui va être le principal agent de destruction de ces monticules sableux et, par suite, de nivellement de ce pays. Du reste, les flancs de ces monticules sont souvent entaillés par de grandes rigoles pouvant avoir plusieurs mètres de large et deux à trois mètres de profondeur.

La cuvette qui s'ouvre au pied oriental du monticule qui supporte Fort-Pradié, a de 70 à 80 mètres de profondeur. Elle mesure quelques centaines de mètres de large, et se poursuit pendant plusieurs kilomètres vers le nord, où elle se termine en cul-de-sac.

Dans son fond, il existe une formation argileuse blanchâtre, friable quand elle est sèche, et riche en carapaces de diatomées. C'est à travers ces dépôts sédimentaires que sont creusés les puits qui vont chercher l'eau dans les sables sous-jacents. Suivant la saison, le niveau de l'eau oscille entre un et trois mètres.

D'autres cuvettes existent de part et d'autre de celle-ci, et se relient les unes aux autres par des chenaux, en partie ensablés, et orientés nord-est ou nord-ouest. Dans toutes, quand les sables ne les ont pas encore envahies, on voit des formations sédimentaires identiques à celles que nous avons décrites.

A l'ouest de Fort-Pradié, certaines cuvettes se terminent en cul-de-sac. D'autres se prolongent par des sillons qui figurent des lits de vallées, et qui sont simplement des parties de chenaux incomplètement ensablés.

Vers le sud-est, les cuvettes sont souvent réunies plusieurs ensem-

ble et forment des couloirs parfois assez longs qui ont été pris, à tort, par certaines personnes, pour des vallées, pour des « ouaddi ».

Dans toute cette région, le sol est à peu près nu, avec des touffes d'herbe clairsemées et de rares arbustes épineux. Dans les cuvettes, il existe parfois des dattiers et des siwaks.

Environs de Zigueï. — Zigueï est à 90 kilomètres environ au nord-est de Mao, dans la partie septentrionale du Lilloa. Il est presque sur le bord oriental de ce vaste plateau, très accidenté, qui commence au sud de Mao, dans le Kanem, et se poursuit vers le nord et le nord-est.

Dans la région de Zigueï, comme dans le Kanem, le sol est constitué par des alternances de monticules de sables et de cuvettes, ordinairement reliées entre elles, rappelant le système tchadien.

Le Tchad, au moment de sa grande extension, a occupé le fond des cuvettes et y a déposé les formations sédimentaires qu'on y observe.

D'après les mesures hypsométriques de mes camarades de mission, Audoin et Lauzanne, le fond de ces cuvettes est presque au même niveau que celui du Tchad. Ce dernier est à 243 mètres, et la cuvette de Zigueï est à 252 mètres seulement.

La cuvette de Zigueï, que des chenaux relient à d'autres cuvettes, est à 70 mètres environ au-dessous des monticules de sables qui la dominent à l'est et à l'ouest.

Le fond est occupé par des formations argileuses, un peu sableuses, de couleur blanc grisâtre. Les puits sont obligés de les traverser pour atteindre le niveau aquifère qui se trouve dans les sables sous-jacents. L'eau, qui est excellente, est à 7 ou 8 mètres de profondeur.

Vers l'est et le sud-est, à une dizaine de kilomètres de Zigueï, le paysage change tout à coup. Comme à l'est de Mao, dans le Kanem, le plateau mamelonné de Lilloa s'arrête brusquement et c'est une région plane, dont l'altitude est intermédiaire entre celle du sommet des monticules et celle du fond des cuvettes, qui lui fait suite.

Cette plaine semble se prolonger à perte de vue. Nous verrons que plus au sud, vers le Bahr el Gazal, on se retrouve dans une région où alternent de nouveau les monticules de sables et les cuvettes.

La ligne de séparation entre le plateau mamelonné du Lilloa et la plaine qui lui fait suite est très nette. A l'est de Zigueï, elle est orientée nord-est-sud-ouest. C'est par erreur qu'elle n'a pas été représentée sur la carte que mes camarades de la mission Niger-Tchad ont dressée de cette région, et qu'elle a été figurée comme une traînée de dunes à l'ouest de ce poste.

Les dépressions qui s'ouvrent entre les monticules de sables cessent en même temps que ces monticules. Leur fond est à 25 ou 30 mètres au-dessous du niveau de la région plane qui s'étend à l'est.

Sur cette bordure orientale du Lilloa, comme sur celle du Kanem, qui est un peu surélevée et qui est par suite très exposée aux vents de l'est et du nord-est, on ne peut attribuer le nivellement du pays à d'autre cause qu'à l'action des vents.

De Zigueï à Bou Fouminn. — Vers le nord-est, le Lilloa s'arrête à 45 kilomètres environ de Zigueï, un peu au delà du puits de Bou Fouminn. Partout, c'est le même paysage que celui que nous avons déjà décrit pour les environs de Zigueï.

Dans une cuvette, entre ce poste et Bou Fouminn, il existe plusieurs petites saillies de dépôts sédimentaires, modelées par les vents, qui ont près de deux mètres de haut.

La dépression de Bou Fouminn, ou Killori, est assez vaste et assez profonde. Ses flancs sont fortement ravinés, et le fond est assez ensablé. Le puits qui y existe a 5 ou 6 mètres de profondeur.

Les monticules sableux et les dépressions qui constituent et qui caractérisent le Lilloa s'arrêtent à 8 ou 9 kilomètres à l'est de Bou Fouminn. Puis c'est la vaste plaine, à peu près unie, qui leur fait suite. En cet endroit, la ligne de séparation entre la plaine et la région mamelonnée est sensiblement nord-sud.

Comme à l'est de Zigueï et de Mao, les monticules sableux sont à 25 ou 30 mètres au-dessus de la plaine, tandis que les dépressions sont à 25 ou 30 mètres au-dessous du niveau de celle-ci. (Voir coupe géologique, pl. II.) Les derniers monticules qui dominent la plaine forment une ligne très irrégulière, une vraie dentelure.

De Zigueï à Bir Barka. — En allant de Zigueï à Bir Barka, on traverse la partie septentrionale du Lilloa, sur plus de 50 kilomètres.

Immédiatement à l'ouest de Zigueï, les cuvettes sont moins vastes qu'à l'est de cette localité. Leurs bords sont fortement ravinés, et les fonds sont plus ou moins ensablés.

A partir de 18 kilomètres environ à l'ouest de Zigueï, et à une dizaine de kilomètres avant Kélenki, les cuvettes sont mieux conservées et plus profondes, et le paysage ressemble à celui de Bir Alali, de Mao, et des régions situées à l'est de Zigueï.

La cuvette de Kisségui, située à 47 kilomètres environ de Zigueï, est étroite et profonde. Son fond est occupé par une belle palmeraie

de dattiers. Un village, le plus septentrional de tout le Lilloa, est bâti sur son bord.

C'est à une dizaine de kilomètres à l'ouest de Kisségui qu'on entre dans le Chitati. Les grandes cuvettes reliées entre elles cessent, et les cuvettes ordinairement fermées font leur apparition.

5. — Chitati.

Généralités. — On donne le nom de Chitati à la région qui se trouve immédiatement à l'extrémité nord-ouest du Tchad. Ce pays est limité par le Manga au nord, le Lilloa à l'est, et le Kanem au sud. C'est la région de parcours des tribus de Toubous et d'Ouled Sliman soumis à notre influence.

Le Chitati n'a pas de limites définies, et il n'est guère possible de lui en assigner de bien nettes.

Le capitaine Freydenberg, le considérant « en tant que région géographique caractérisée par des cuvettes fermées », le délimite un peu arbitrairement. Ainsi, au sud-est, il fait aller le Chitati jusqu'à quelques kilomètres de Mao, c'est-à-dire presque jusqu'au centre du Kanem.

L'ancien système dunaire du Chitati est très démoli. Les chenaux, qui reliaient les carrefours s'étendant entre les dunes, sont à peu près complètement comblés, et les carrefours se trouvent maintenant presque toujours transformés en cuvettes fermées.

Les pluies tombent tard dans le Chitati et n'y sont peut-être pas très abondantes. A la fin de juillet 1908, l'herbe commençait à peine à pousser. C'est probablement pour cette raison que cette région, où le mil ne pourrait peut-être pas mûrir, n'est pas habitée par des populations sédentaires.

Toutes les cuvettes du Chitati sont boisées et ont des siwaks (*Salvadora persica*) et des végétaux épineux. De nombreux petits oiseaux, parmi lesquels se trouve le rossignol, ont élu domicile dans les fourrés et égayaient ces tristes solitudes par les joyeux ramages.

Avec le capitaine Vignon et l'adjudant Thibaut, qui ont déterminé les points astronomiques et fait les levés topographiques, nous avons traversé le Chitati, de l'est à l'ouest, nous rendant de Zigué à Kouloa. Nous avons passé aux puits de Bir Barka, Leschour et N'Goum.

De Bir Barka à Leschour. — Le Chitati commence à plus de 25 kilomètres à l'est de Bir Barka, tout près de Kisségui.

Jusqu'à Bir Barka, le sol est à peu près uni. Aux grandes cuvettes

du Lilloa ont succédé de simples dépressions de 15 à 20 mètres de profondeur, plus ou moins comblées par les sables, et distribuées sans ordre. Cependant, une grande cuvette complètement fermée, et aux bords très ravinés, existe encore au milieu de cette vaste zone plate et témoigne du rôle considérable qu'ont joué les vents pour niveler à peu près complètement toute cette région.

La cuvette de Bir Barka a de 30 à 40 mètres de profondeur; elle est encore à moitié ouverte vers le nord et vers le sud. Son fond est occupé par des dépôts argilo-calcaires de couleur grisâtre à leur surface.

D'étroits chenaux, rappelant ceux du système tchadien, relie, au nord-ouest et au sud, la cuvette de Kokou à d'autres cuvettes. Après les pluies, une mare temporaire aux eaux natronnées s'établit dans le fond.

Cuvette de Leschour. — La cuvette de Leschour est assez vaste. Toute sa partie centrale est nue, tandis que tout le pourtour est garni d'une couronne de végétaux variés.

Le sol et le sous-sol sont constitués par une roche argilo-calcaire blanche ou grise, assez légère et très pulvérulente, qui ressemble à du tripoli. Elle renferme de nombreux petits grains de quartz visibles au microscope. Ces dépôts sédimentaires ont été enlevés par le vent, dans le fond de la cuvette, sur plus de deux mètres d'épaisseur.

L'eau, qui est bonne et abondante, était à trois mètres de profondeur à notre passage. D'après le capitaine Freydenberg, la masse aquifère, qui se trouve dans des sables, est à six mètres de la surface, immédiatement au-dessous des formations sédimentaires dont nous venons de parler.

D'après le capitaine Freydenberg, les dépôts sédimentaires qui occupent le fond de la cuvette ont environ six mètres d'épaisseur et présentent des empreintes de feuilles dans leur couches inférieures. Cet officier y distingue, de haut en bas, les assises suivantes :

6. Sables dunaires.
5. Limon blanc, 1 m. 50.
4. Limon gris clair natronné, 0 m. 50.
3. Limon blanc avec traces de racines, 1 m.
2. Limon passant du gris au noir, avec empreintes de racines, 3 m. 50.
1. Sables dunaires formant le niveau aquifère.

De la nature de ces formations et de la présence ou de l'absence de traces ou de débris végétaux, M. Freydenberg croit pouvoir reconnaître sept phases dans l'évolution de cette partie de la région tchadienne.

De l'horizontalité des couches qu'il a observées dans le fond de la cuvette de Leschour et sur le bord de la cuvette, et de l'identité de caractères qu'il a constatée dans toutes les autres cuvettes du Chitati, M. Freydenberg [42, p. 63] en a conclu que ces dépôts forment une nappe continue et qu'« il est absolument certain que le Tchad a occupé l'emplacement actuel du Chitati et qu'un assèchement l'a réduit aux proportions qu'il occupe actuellement ». Pour lui, les monticules de sables qui dominent ces formations sédimentaires se seraient édifiés postérieurement.

De même que pour le Kanem, je crois que les sédiments qui occupent le fond des cuvettes du Chitati se sont déposés entre des dunes, après envahissement de cette région par le Tchad.

Je n'ai pas pu faire creuser des puits, comme à Mao, pour en avoir la démonstration directe, mais la similitude d'aspect et de constitution me fait admettre la même origine.

« La berge de 1 m. 50, ajoute M. Freydenberg, qui se trouve sur le bord de l'oued, est un nouveau point à l'appui de l'hypothèse que ces cuvettes sont d'anciens lits de bahrs analogues à ceux du Tchad actuel. »

Pas plus dans le Chitati que dans le Kanem, je ne regarde ce rebord comme la berge d'une vallée. Ce rebord résulte de l'érosion éolienne qui enlève les dépôts sédimentaires dans la partie centrale de la cuvette.

De Leschour à N'goum. — Après Leschour, le sol devient mouvementé. Des cuvettes allongées nord-sud, se succèdent tous les deux à trois kilomètres. Souvent elles sont reliées, par des chenaux, à d'autres cuvettes situées soit au nord, soit au sud.

Les chemins qui sont tracés perpendiculairement à l'allongement de ces monticules de sables et de ces cuvettes, c'est-à-dire qui mènent soit vers l'est, soit vers l'ouest, occasionnent des marches longues et pénibles, à cause des montées et des descentes qu'on est obligé d'effectuer pour passer d'un monticule à un autre, à travers les cuvettes.

Presque toutes les cuvettes de cette région possèdent des puits et sont fréquentées par les nomades qui y mènent pacager leurs troupeaux. La plupart d'entre elles ont des noms; il serait fastidieux de les énumérer.

Sur les 15 derniers kilomètres avant N'Goum, le sol est à peu près uni. Ce ne sont que légers mamelons qui alternent avec de légères dépressions, de moins de 10 à 15 mètres de profondeur.

La cuvette de N'Goum est fermée. Elle est grossièrement orientée nord-est-sud-ouest et mesure 500 à 600 mètres de long, sur 200 mètres de large, et 30 à 40 mètres de profondeur.

Son fond est constitué par des formations argilo-calcaires, un peu sableuses, au milieu desquelles sont intercalés des bancs plus ou moins épais d'un dépôt blanchâtre très léger. A deux mètres de profondeur, il existe une couche de limonite rouge pulvérulente que les indigènes viennent chercher pour la préparation du fer. L'exploitation du minerai se fait par des puits dont l'ouverture est très étroite et dont le fond va en s'élargissant.

D'après l'analyse qu'en a faite M. Gautier, chef des travaux de chimie à la Faculté de Clermont, cette limonite contient 44,54 % de fer métallique.

L'eau se trouve au-dessous de cette couche de minerai de fer, à trois mètres de profondeur. Elle est très claire et très bonne.

De N'goum à Kouloa. — A part quelques petits monticules, et de petites traînées de monticules, le sol est à peu près uni sur une quarantaine de kilomètres à l'ouest de N'Goum.

A peu près à égale distance entre ce puits et celui de Korio, le sol s'infléchit doucement vers le Tchad, et le baromètre du capitaine Vignon a indiqué une dénivellation d'une vingtaine de mètres.

Aux environs du puits de Korio, qui est à 42 kilomètres de N'Goum, et à moins de 30 kilomètres du Tchad, le sol est un peu plus accidenté. Ce dernier puits, qui a trois mètres de profondeur, et qui donne une très bonne eau, est creusé à travers des formations argilo-calcaires blanchâtres.

Une légère dépression, qui se trouve à quelques kilomètres à l'ouest de Korio, est bordée par deux traînées divergentes de monticules sableux, l'une dirigée vers l'ouest, l'autre vers le sud-ouest. Cette dernière a de 20 à 25 mètres de haut. Elle est en pente douce vers l'est, du côté d'où vient le vent, et abrupte de l'autre côté. De petits cols ou passages, d'une dizaine de mètres, séparent ces monticules.

Après la mare temporaire de Touloumi, qui est à une dizaine de kilomètres plus loin que Korio, et à moins de 20 kilomètres du Tchad, on tombe dans une région où le système tchadien, avec ses carrefours et ses chenaux, devient de plus en plus net à mesure qu'on se rapproche du lac.

6. — Manga oriental.

Généralités. — La région qui s'étend au nord du Tchad, du Chitati et du Lilloa, et qui continue le plateau formé par ces deux derniers pays et par le Kanem, constitue le Manga oriental.

D'après le capitaine Mangin [82], le Manga se termine vers l'est, face à l'Egueï, par une falaise constituée par des monticules de sables, laquelle est la continuation de celle que nous avons déjà décrite pour le Kanem et pour le Lilloa.

On réserve le nom de Manga occidental au pays qui est situé au nord de la Komadougou, entre le Tchad, à l'est, et le massif granitique du Mounio, à l'ouest.

Le Manga oriental n'a pas de population sédentaire. Il est parcouru par des tribus nomades de Toubous qui sont soumis à notre influence.

Je n'ai visité de ce pays que la partie qui s'étend au nord de N'Guigmi, le long de la route du Tchad à Bilma, sur une longueur de près de 120 kilomètres.

Bahr Toumtouma (?). — Le capitaine Freydenberg [42, p. 23] considère la dépression qui est en dehors de la traînée de dunes de N'Guigmi, dont nous avons déjà parlé, comme le bras d'un bahr qu'il appelle bahr Toumtouma.

D'après les renseignements que cet officier a recueillis auprès des indigènes, ce bahr partirait du nord-ouest du Tchad, de chaque côté de N'Guigmi, se dirigerait vers le nord, puis s'infléchirait vers l'est, et irait rejoindre l'Egueï à son extrémité septentrionale, vers Hangara.

Dans une tournée que j'ai faite avec le lieutenant de vaisseau Audoin, au nord du Tchad, sur la route de Bilma, je n'ai pas vu le bahr en question.

D'autre part, à Hangara, dans le nord de l'Egueï, qui n'est pas une vallée, je n'ai vu s'ouvrir aucune vallée.

En outre, plusieurs de mes camarades de mission qui ont circulé dans les régions situées immédiatement au nord du Tchad, n'ont observé nulle part l'existence de ce bahr.

Les eaux d'un plus grand Tchad ont recouvert, sans aucun doute, toutes les régions encore à peine explorées du nord de ce lac et y ont abandonné les dépôts argilo-calcaires que l'on observe dans les nom-

breuses cuvettes qui existent entre les dunes. Les ossements de Poissons que le capitaine Martin, de l'artillerie coloniale, a rapportés d'Homodji, à plus de 250 kilomètres au nord du Tchad, et à 60 kilomètres au sud-est d'Agadem, sont une preuve évidente de cette grande extension du Tchad. Mais je ne crois pas que ces régions ont été sillonnées par des cours d'eau.

De N'Guigmi à Métimé. — Une plaine sableuse de 2 à 3 kilomètres de large, limitée par une ride de sables de 7 à 8 mètres, s'étend au nord de la traînée de dunes qui supporte le poste de N'Guigmi.

Ensuite, jusqu'à Métimé, sur près d'une trentaine de kilomètres, le paysage est à peu près uni ou à peine accidenté. Par endroits, seulement, il existe de petites bandes de sables, hautes de quelques mètres, parfois orientées est-ouest, d'autres fois nord-est-sud-ouest.

La cuvette de Métimé, qui est en partie ensablée, a une forme très irrégulière et mesure plus de 1.500 mètres de diamètre et de 25 à 30 mètres de profondeur. Une traînée sableuse, un peu mamelonnée, de quelques mètres de hauteur, la borde au nord et à l'est. Les puits sont creusés dans le centre de la cuvette, à travers une formation argileuse, légère et friable, qui en occupe le fond. L'eau est à 4 mètres environ ; elle est bonne et abondante.

De Métimé à Barka Tébiann. — Le paysage accidenté des environs de Métimé se continue encore sur près de 10 kilomètres plus au nord. Puis, sur plus de 30 kilomètres, le sol ne présente ni grandes dépressions, ni gros monticules de sables. Enfin, à partir de la cuvette de Kirdinga, le sol redevient mouvementé jusqu'à Barka Tébiann.

Des rides de sables et des chapelets de monticules sableux, édifiés par les vents, se dressent à la surface du sol. Un de ces alignements, orienté nord-est-sud-ouest, mesure près de 20 mètres de hauteur. De son sommet, la vue s'étend très loin tout autour, et on constate que le paysage est partout le même.

La cuvette de Barka Tébiann est à peu près circulaire. Elle s'ouvre vers l'est par une entaille qui ressemble à un lit de rivière, tandis qu'un bourrelet de sables la borde vers le nord. Le fond est occupé par des formations argilo-sableuses. Un puits, éboulé à notre passage, trouvait l'eau à 8 ou 10 mètres.

Région au nord de Barka Tébiann. — A 7 ou 8 kilomètres au nord de Barka Tébiann, on entre dans une région de grandes cuvettes pouvant avoir de 35 à 40 mètres de profondeur. Certaines de

ces cuvettes sont complètement isolées, tandis que d'autres, au contraire, sont réunies plusieurs ensemble par des canaux plus ou moins ensablés. On a là le même aspect de paysage que celui que nous avons déjà observé au Kanem, au Chitati, au Lilloa.

N'ayant pas pu trouver le puits de Tiori, où nous voulions nous approvisionner pour aller au Koutous, et n'ayant presque plus d'eau, une longue et pénible marche, dans une région couverte de hauts monticules de sables qu'il fallait gravir puis redescendre, nous ramena sur la piste du Tchad à Bilma, que nous eûmes la chance de reconnaître dans les sables très meubles que les vents déplacent constamment.

De N'Gourti à Métimé. — Entre N'Gourti et Moull, sur une trentaine de kilomètres, le sol présente le même aspect que dans la région de Tiori, et entre celle-ci et la piste de Bilma. Il est constitué par des alternances de gros monticules de sables, sensiblement allongés nord-sud, que séparent de vastes dépressions pouvant avoir jusqu'à 60 mètres de profondeur.

Le chemin, en zig-zag, passe d'une cuvette à l'autre en utilisant les étroits passages qui relient les cuvettes les unes aux autres.

A partir de Moull jusqu'à Kufeï, sur près de 30 kilomètres, le sol forme un vaste plateau, à peu près uni, que surmontent de petits monticules de sables aux dômes arrondis.

La cuvette de Kufeï est à peu près circulaire et mesure plus d'un kilomètre de tour et une trentaine de mètres de profondeur. Des formations argilo-calcaires, qui affleurent dans son fond, ont déjà été fortement érodées par les vents.

Après Kufeï, c'est encore le même paysage, avec quelques traînées de sables d'une dizaine de mètres au maximum.

La zone des pluies régulières commence à peu près vers Moull, car ce n'est qu'à partir de ce point que le fond des cuvettes est envahi par les herbes et que la végétation arborescente, constituée par des arbustes épineux, devient abondante et parfois serrée.

Puits de Nira. — D'après le capitaine Freydenberg, la partie du Manga qui est située au nord du Chitati est également très accidentée.

Les grandes cuvettes, ouvertes au milieu de la puissante nappe de sables qui recouvre le pays, sont plus profondes que celles du Kanem. M. Freydenberg estime que la cuvette de Nira a près de 100 mètres de profondeur.

D'après cet officier [42, p. 66], les puits du Manga présentent tous la même coupe qui est donnée par celle du puits de Nira (fig. 54) situé à plus de 100 kilomètres au nord de Mao.

Contrairement à ce qui existe pour le Chitati et le Kanem, le niveau aquifère dans les puits du Manga ne se trouve pas en contact avec la base des formations sédimentaires qui occupent le fond des cuvettes.

La présence de ces dépôts, dans les cuvettes de cette partie du Manga, prouve que le Tchad a autrefois occupé ces régions.

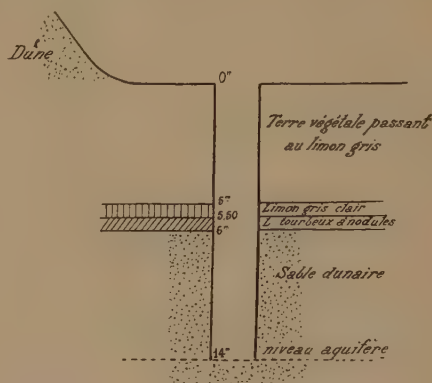


Fig. 54. — COUPE DU PUITS DE NIRA (d'après le capitaine Freydenberg).

7. — Shilim Fahalanga.

Généralités. — La région qui s'étend entre le Manga et le Lilloa, à l'ouest et au sud-ouest, la région du Bahr el Gazal, au sud et au sud-est, et l'Egueï, au nord, est appelée Shilim Fahalanga par les indigènes, et c'est sous ce nom que le lieutenant de vaisseau Audoin et le capitaine Lauzanne la désignent sur leur carte.

Cette région part du plateau du Kanem et du Lilloa, qui est à 320 mètres environ d'altitude, et s'infléchit doucement, d'une façon imperceptible, vers l'Egueï, qui est à une altitude moyenne de près de 240 mètres.

Les deux itinéraires que j'ai effectués dans cette région, le premier de Zigueï, dans le Lilloa, à Hacha, dans l'Egueï, et le deuxième de ce dernier point d'eau à Aourak, au sud, dans la région du Bahr el Gazal, m'ont démontré que le pays présente à peu près partout le même aspect et la même constitution.

Le Shilim Fahalanga se distingue des régions voisines par son sol à peu près toujours uni, par son manque d'eau, et par la pauvreté de sa végétation.

Le contraste est frappant entre le Lilloa et le Shilim Fahalanga, le long de leur ligne de séparation. (Voir coupe, pl. II.)

Les monticules de sables du premier dominant de 25 à 30 mètres la plaine du second, et cette dernière, à son tour, domine de 25 à 30 mètres le fond des cuvettes de la première région. Sur sa bordure occidentale, l'altitude du Shilim Fahalanga est donc intermédiaire entre celles des monticules et des cuvettes du Lilloa.

Le Shilim Fahalanga doit être considéré comme une région que les vents ont à peu près nivelée. A part de rares exceptions, observées en quelques points seulement, les cuvettes qui l'accidentaient ont été comblées, et les dépôts sédimentaires qui en occupaient le fond se trouvent ensevelis sous une couche de sable.

De Zigueï à Hacha dans l'Egueï. — La plaine qui part du rebord oriental du plateau du Kanem et du Lilloa, s'infléchit très doucement vers le nord-est, vers l'Egueï.

Dans la première moitié de l'itinéraire, le sol est à peu près uni avec de légères éminences, de quelques mètres, dues à l'entassement des sables autour des pieds des végétaux. Par endroits, des rides de sables meubles sont disposées perpendiculairement à la direction du vent, et figurent des vagues qui auraient été figées sur place.

Sur tout cet espace, les talhas (*Acacia tortilis*) sont rares et les touffes d'herbe sont petites et peu abondantes. C'est à peu près à égale distance entre le Lilloa et l'Egueï que les premiers pieds de had (*Cornulata monocantha*) font leur apparition.

Aux trois quarts du chemin, la plaine est interrompue par quelques dépressions, en forme de cuvettes fermées, d'une trentaine de mètres de profondeur.

Enfin, dans les vingt derniers kilomètres qui précèdent l'Egueï, c'est la plaine à peu près unie qui revient. Des pieds de had et des touffes d'herbe, à eux seuls, constituent toute la végétation et arrêtent les sables poussés par les vents.

Des ondulations de sables, surmontées de quelques talhas et de quelques siwaks (*Salvadora persica*), visibles de plusieurs kilomètres de distance, constituent les abords de l'Egueï.

D'Hacha à Aourak. — Au sud d'Hacha, pendant 4 à 5 kilomètres, le paysage présente le même aspect qu'aux environs de ce point d'eau. Ce sont des alternances de petits monticules de sables et de légères dépressions dans l'intérieur desquelles se trouvent des formations argilo-calcaires coquillifères, et où poussent quelques thalas, des siwaks et du had. C'est la terminaison de l'Egueï.

Le sol devient ensuite à peu près uni, et la végétation est encore

moins abondante que dans l'Egueï. Le had se fait de plus en plus rare et finit par disparaître vers le douzième kilomètre.

A 25 kilomètres environ avant Aourak, une dépression, en forme de cuvette, a une vingtaine de mètres de profondeur. Ses bords sont un peu ravinés, et son fond est occupé par des formations argilo-calcaires blanchâtres dans lesquelles je n'ai pas trouvé de coquilles. Néanmoins, ces dépôts sédimentaires attestent que les eaux du Tchad se sont étendues autrefois jusque dans ces régions.

La cuvette d'Aourak est très nette, avec des falaises presque abruptes. Allongée nord-sud, elle mesure 700 à 800 mètres de long sur 250 à 300 mètres de large, et 25 à 30 mètres de profondeur.

Des chenaux étroits, en partie ensablés, l'un au nord, l'autre au sud-est, la relie à deux autres dépressions un peu moins vastes. On a là une indication du système tchadien.

Des formations argilo-calcaires un peu sableuses, avec de petits rognons d'opale ménilite, identiques comme forme et comme dimensions à ceux de l'oligocène du Velay, occupent tout le fond de la cuvette. Le puits, qui est creusé à peu près au centre de la dépression, a 14 mètres de profondeur.

8. — Egueï.

Historique. — L'Egueï a été explorée pour la première fois par Nachtigal [85, 86], en 1870. Il l'appelle « la vallée de l'Egueï », et il dit que c'est « une vaste dépression en forme d'auge qui s'incline du nord-ouest au sud-est sans toutefois rejoindre le Bahr el Gazal ». De ses mesures altimétriques, il conclut que l'Egueï est au-dessous du niveau du Tchad.

A Sekhab, il recueille des vertèbres de poissons, « ce qui démontre, dit-il, que jadis, et à une époque relativement rapprochée, s'il faut en croire les traditions locales, la vallée a été recouverte par les eaux ».

Par delà l'Egueï, sur le chemin du Koro, d'un point qu'il ne précise pas, il rapporte un échantillon de tuf calcaire coquillifère (1) qui renfermait :

Melania tuberculata MÜLLER

Limnæa natalensis (2) KRAUSS.

(1) Nachtigal. — Sahara und Sudan, t. II, p. 120, note infrapaginale de l'édition allemande.

(2) M. Germain m'a dit que ce n'est pas *Limnæa natalensis* KRAUSS qui vit dans ces régions, mais bien *Limnæa africana* RÜPPEL.

Bien plus tard, en 1905, le capitaine Mangin visite l'Egueï et en rapporte « des coquilles et des débris de poissons qui se trouvaient à la partie supérieure des bancs d'argile grise au-dessus desquels se trouvent les dunes d'Hacha » [42, p. 75].

Ce n'est que plus tard que ces coquilles furent déterminées et rapportées au genre *Melania*, et que M. Chudeau en fit mention dans son ouvrage « Sahara soudanais » [22].

Entre l'Egueï et le Toro, le capitaine Mangin recueille en outre quelques débris de roches.

En 1907 et en 1908, le capitaine Freydenberg [39, 42], utilisant ces matériaux et les renseignements que lui a fournis son camarade Mangin, parle à son tour de l'Egueï. Ne l'ayant pas visité, il ne peut naturellement pas en faire une description toujours exacte.

Après Nachtigal, il considère cette région comme une vallée, et il suppose, à tort, que les débris de roche (grès et calcédoine) rapportés par Mangin ont été « amenés en cet endroit par l'Egueï et le Toro, quand ces rivières avaient un courant assez rapide » et qu'elles « sont des résidus du démantèlement des massifs montagneux du Tibesti ».

Aperçu général. — C'est en mai 1908 que, en compagnie du lieutenant de vaisseau Audoin, du capitaine Lauzanne et du lieutenant Ferrandi, nous avons exploré l'Egueï dans toute sa longueur.

Cette petite région naturelle est située à 300 kilomètres environ au nord-est du Tchad, et à une centaine de kilomètres au delà du plateau du Kanem et du Manga, en plein désert. Elle mesure à peu près 150 kilomètres de long, nord-ouest-sud-est, sur 10 à 20 kilomètres de large.

D'après les mesures altimétriques de mes camarades de mission, le lieutenant de vaisseau Audoin et le capitaine Lauzanne, confirmant celles de Nachtigal, l'Egueï est au-dessous du niveau du Tchad.

Son altitude moyenne, déduite des cinq mesures qui ont été faites en des points différents, est de 236 mètres environ. Celle du Tchad, comme nous l'avons déjà dit, est de 243 mètres. L'Egueï serait donc à une altitude moyenne de sept mètres au-dessous de celle du lac centre africain (1).

Une maigre végétation semi-arborescente, la grande abondance de l'eau à une faible profondeur, parfois à fleur de sol, et l'existence de

(1) Les altitudes, déterminées avec l'hypsomètre par mes camarades de mission, bien que très consciencieusement faites, ne doivent être considérées que comme des mesures approchées.

petites dunes, en forme de croissant, sont les seuls caractères qui distinguent l'Egueï des régions environnantes, ces dernières étant privées d'eau et à peu près dépourvues de végétation.

Contrairement à ce qu'a dit Nachtigal, et à ce que pensait le capitaine Freydenberg, l'Egueï n'est pas une vallée. Nulle part elle ne se montre comme le lit d'un ancien cours d'eau.

Sans aucune transition visible, on passe de l'Egueï dans les régions voisines. La personne la plus prévenue, l'œil le mieux exercé, ne pourra jamais constater que l'Egueï est une région un peu déprimée. Les mesures altimétriques seules renseignent à ce sujet.

Dans son ensemble, l'Egueï est un pays plat. Le sol sablonneux présente seulement des alternances de monticules et de dépressions d'une trentaine de mètres de différence d'altitude, au maximum.

« Dans l'intérieur de la plupart de ces cuvettes, comme je l'ai déjà dit [44], rarement dans le fond, le plus souvent à mi-flanc, quel-

quefois presque au sommet, affleurent des lambeaux de dépôts sédimentaires assez friables, de nature argilo-calcaire, ordinairement coquillifères.

« Les vents qui soufflent avec violence à certaines époques de l'année érodent et enlèvent ces formations sédimentaires sur des vastes espaces ; les sables sous-jacents ont même souvent été entraînés sous de grandes épaisseurs. Ces derniers vont s'accumuler autour des obstacles qu'ils rencontrent, touffes d'arbustes, principalement siwak (*Salvadora persica*), pour former des dunes, qui peuvent avoir de 15 à 20 mètres de hauteur (fig. 55).



Fig. 55. — FORMATION D'UNE DUNE
AUTOUR D'UN SIWAK (*Salvadora
persica*) DANS LE NORD DE L'EGUEI.

Les sables, poussés par les vents, se sont accumulés au pied d'un buisson de siwak. Cette plante lutte de croissance avec la dune pour ne pas être ensevelie.

« Les parties ténues de ces formations sédimentaires et de ces sables, soulevées par les vents, donnent naissance aux brouillards de poussière, si intenses, que l'on observe assez fréquemment dans le centre de l'Afrique, principalement au début et à la fin de l'année.

« C'est dans les cuvettes ainsi creusées par voie éolienne, que se trouve localisée presque toute la maigre végétation de cette région, et que se rencontre l'eau en quantité inépuisable. »

Faune malacologique. — Les sédiments qui s'observent à peu près partout dans l'Egueï sont coquillifères, et, en de nombreux points de cette région, j'ai recueilli des coquilles.

A part des *Melania*, non déterminées spécifiquement, rapportées par le capitaine Mangin et signalées par M. Chudeau dans son ouvrage « Sahara soudanais », ce sont les premiers documents malacologiques recueillis dans cette région.

Rappelons que Nachtigal avait recueilli à un endroit situé plus à l'est, et non nettement désigné, deux espèces de coquilles.

M. Germain, qui a étudié la collection que j'ai rapportée et qui va lui consacrer un mémoire, a reconnu neuf espèces, dont trois sont nouvelles pour la science :

Planorbis Bridouxii BOURGUIGNAT

Physa (Isodora) tchadiensis GERMAIN

Physia (Isodora) strigosa MARTENS

Valvata Tilhoi GERMAIN

Limnæa africana RÜPPEL

Melania tuberculata MÜLLER

Corbicula Audoini GERMAIN

Bythinia (Gabbia) Neumani GERMAIN

Pisidium (Eupera) Landeroini GERMAIN

Corbicula sp.

A une quinzaine de kilomètres au nord-est de Hangara, dans le nord de l'Egueï, et à plus de 40 kilomètres au nord-est de Hacha, dans le sud de l'Egueï, j'ai également trouvé des coquilles de *Melania tuberculata*.

Tous ces mollusques, qui appartiennent à des espèces encore vivantes, ont des analogies, les uns avec la faune du Tchad, les autres avec celle du Nil.

« Les rapports de la faune malacologique de l'Egueï, dit M. Germain [55, p. 473], s'établissent très nettement avec le bassin du Nil d'une part, avec le Tchad d'autre part. Quant aux mollusques nouveaux, ce sont des formes représentatives des espèces correspondantes de la vallée du Nil. Ce fait vient apporter une nouvelle confirmation à l'existence probable de communications fluviales entre le Nil et le Tchad par l'intermédiaire du Bahr el Gazal. La supposition des anciens géographes et la « tradition constante des Nigriliens » admettant l'existence d'une voie d'eau ininterrompue entre le Nil et le Niger, à travers tout le continent africain, s'affirme ainsi de plus en plus à mesure que se précisent nos connaissances sur la faune soudanaise. »

Malgré cette analogie de faune, je ne crois pas qu'on puisse en déduire que des relations ont pu exister autrefois entre le Nil et le Niger, ni même entre le Nil et le Tchad. Je donnerai, un peu plus loin, les raisons qui me font repousser l'opinion émise par M. Germain.

Minéraux de l'Egueï. — J'ai rapporté [44] quatre espèces minérales de l'Egueï, du *trona* et de la *thénardite* que l'on rencontre à peu près partout où l'eau affleure à la surface du sol, du *gypse* que j'ai recueilli à Hangara et enfin un phosphate de fer, voisin de la *borickite*, appelé *éguéïte*, par M. Lacroix, que j'ai trouvé à Koukourdeye.

Ces espèces seront étudiées au chapitre spécial consacré à la minéralogie.

Je vais décrire maintenant, avec un peu plus de détails, les différents points de cette région.

Hangara. — Hangara, au dire des guides, est le point d'eau le plus septentrional de l'Egueï (fig. 56).

Il se trouve dans une dépression sensiblement orientée nord-est-sud-ouest, de 1.500 mètres de long sur 200 à 400 mètres de large, selon les endroits, et de 7 à 8 mètres de profondeur, au maximum.

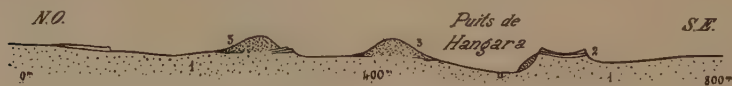


Fig. 56. — COUPE PASSANT PAR LE PUITS DE HANGARA.

1, sables dunaires ; 2, argiles calcaires ; 3, dunes.

Cette dépression a été creusée par le vent dans les sables. Les bords, en certains points, sont coiffés par des formations sédimentaires, d'ordinaire très peu épaisses.

Des dunes mobiles se dressent dans l'intérieur de cette cuvette, tantôt isolées dans le milieu, tantôt adossées contre les flancs.

De simples trous, creusés dans les parties les plus basses de la cuvette, aux endroits où abondent les touffes d'akrech (*Vilfa spicata*), atteignent le niveau aquifère à moins de 0 m. 30 de profondeur. Les puits ainsi obtenus sont inépuisables.

En certains points, l'eau affleure presque au niveau du sol et les quelques animaux sauvages qui vivent dans cette région l'atteignent en grattant le sable avec leurs pattes.

Tout le sous-sol est imprégné d'eau. Le sable en est tellement imbibé qu'il coule, s'étale comme une pâte très fluide. Il est impossible d'approfondir le puits, si l'on ne coffre pas solidement ses parois avec des branchages et des herbes. Constitué par du sable fin, le sous-sol est un vrai sol mouvant, un sol boulant.

Le fond de la dépression au voisinage de l'eau est recouvert de croûtes qui craquent sous les pieds. Celles-ci sont formées par des sables que des efflorescences de natron ont agglutinés ensemble.

Au puits d'Hangara même, la falaise méridionale de la dépression, à laquelle est adossée une dune, s'élève à une hauteur de 7 à 8 mètres. Elle est coiffée par une corniche de calcaire argileux, épaisse de 10 à 15 centimètres, que supportent 15 à 20 centimètres d'argiles noirâtres. Quelques centimètres de grès très ferrugineux et très friables servent de passage entre ces formations sédimentaires et les sables sous-jacents.

Les calcaires argileux font effervescence avec les acides et forment une pâte avec l'eau ; ils sont blanchâtres, assez légers et assez friables ; ils renferment quelques petits grains de sable.

A 250 mètres environ plus à l'est, on rencontre également des dépôts sédimentaires, mais de nature un peu différente. De haut en bas, on distingue les formations suivantes :

4. Des bancs calcaires, sans coquilles, d'épaisseur variable et toujours érodés superficiellement.

3. 15 centimètres de sables coquillifères avec :

Valvata Tilhoi GERMAIN

Melania tuberculata MÜLLER

Pisidium (Eupera) Landeroini GERMAIN.

2. 10 centimètres d'argiles sableuses avec quelques coquilles mal conservées.

1. Au-dessous, formant substratum, des sables dunaires.

Ici on est en présence d'un faciès latéral des formations précédentes. Ces dépôts sont à un niveau moins élevé. On est à peu près au centre de la petite dépression au fond de laquelle s'était développée la petite faunule dont nous venons de parler.

C'est à la surface de ces formations sédimentaires, en partie démolies par les vents, que j'ai trouvé les petites masses et les petits cristaux de gypse dont j'ai déjà parlé [44], des petits morceaux de calcédoine et des ossements de Poissons, principalement des vertébrés.

Dans quelques points de la dépression d'Hangara, presque au voisinage du puits, il existe d'abondantes boules de grès ferrugineux ne dépassant pas la grosseur d'un œuf.

Environs d'Hangara. — Tout autour d'Hangara, sauf du côté du sud-est, dans l'Egueï, c'est la plaine immense, nue et presque unie, qui se poursuit à perte de vue. De très faibles dépressions et de très petits mamelons de sables ondulent à peine le sol. Les légères rides, formées par les sables que poussent les vents, rappellent des champs fraîchement labourés.

Presque partout des formations calcaires parfois coquillifères, ou des argiles calcaires, occupent le fond ou les bords de ces dépressions. Souvent ces dépôts sont déchaussés, principalement du côté de l'est, face au vent, et coiffent de petites falaises de 2 à 3 mètres de haut, au maximum.

A 2 kilomètres environ à l'ouest d'Hangara, dans des formations argilo-calcaires, blanchâtres, j'ai trouvé :

Planorbis Bridouxi BOURGUIGNAT

Valvata Tilhoi GERMAIN

Melania tuberculata MÜLLER

Pisidium (Eupera) Landeroini GERMAIN.

De part et d'autre d'Hangara, vers le nord-est, dans la direction du nord du Toro, et vers l'ouest, il existe des touffes d'akrechs dans maintes dépressions, les plus profondes. L'existence de cette plante prouve que l'eau se trouve à une faible profondeur.

Du côté du nord, l'akrech paraît ne plus exister. Ce serait la preuve que le niveau aquifère ne va pas plus loin et que l'Egueï s'arrête là. L'absence de végétation, à part le had, conduit à la même conclusion.

Du sommet des dunes qui se dressent à 300 ou 400 mètres au nord d'Hangara, et qui se sont formées autour de touffes de siwaks (*Salvadora persica*), le regard s'étend de tous côtés.

Vers le nord, c'est la plaine immense à peu près unie et presque nue avec ses rares pieds de had (*Cornulata monocantha*), c'est la vision du désert dans toute sa sauvage laideur.

Des bouquets de siwaks d'un vert foncé, autour desquels s'arrêtent les sables pour former des dunes, se poursuivent à perte de vue dans la direction du sud-est, et jalonnent l'Egueï.

Dans la région d'Hangara, les siwaks sont assez rares. Je n'ai pas vu de doums (*Crucifera thébaïca*).

Des bouquets de souédas rappelant un peu le had, mais beaucoup plus grands et assez abondants, sont associés à celui-ci.

Koukourdeye. — D'Hangara jusqu'au puits de Koukourdeye, c'est-à-dire sur un espace d'une quinzaine de kilomètres, des bouquets de siwaks et des buissons de souédas forment une bande verte dis-

continue qui occupe l'axe de l'Egueï. En beaucoup d'endroits, les sables se sont amoncelés autour de ces végétaux et ont fini par les ensevelir. Sans ces légers accidents, de 6 à 7 mètres de haut, le sol de l'Egueï serait plat.

De part et d'autre de cette région, du reste, la plaine s'étend à perte de vue, sans autre végétation que quelques pieds rabougris de had. Au milieu des sables apparaissent des formations calcaires blanchâtres, ou des argiles calcaires grisâtres, presque toujours cantonnées dans de faibles dépressions, et souvent entamées par l'érosion éolienne. Nulle part, sur la route, il n'existe de cuvette profonde comme à Hangara. Aussi, pas de puits sur tout cet espace.

Je n'ai pas vu en place les nombreuses coquilles de Gastéropodes et de Bivalves qui jonchent le sol sur certains points :

Planorbis Bridouxi BOURGUIGNAT

Physa (Isodora) tchadiensis GERMAIN

Valvata Tilhoi GERMAIN

Melania tuberculata MÜLLER

Corbicula Audoini GERMAIN.

A Koukourdeye, ou Bir Salado (Nachtigal), les puits, pour atteindre les sables aquifères, traversent une mince couche de marne grise schisteuse, qui tapisse le fond de la dépression.

C'est dans des formations sédimentaires, à moitié démolies par les vents, que j'ai trouvé des petits nodules de phosphate de fer voisin de la borickite.

Peu après Koukourdeye, en allant à Sekhab, la végétation est moins abondante.

D'assez nombreuses dunes, de 8 à 10 mètres de haut, en forme de croissant, avec ouverture regardant l'ouest, se dressent un peu partout le long de la route.

Il existe plusieurs vastes espaces, un peu déprimés, où abonde l'akrech. Dans le fond de quelques-unes de ces dépressions, il existe des efflorescences de natron. En quelques autres apparaissent, de minces affleurements de formations calcaires. Enfin, par endroits, on trouve des coquilles roulées de *Melania tuberculata*, devenues libres par la disparition des formations argilo-calcaires que les vents ont emportées.

Sekhab. — Le puits de Sekhab (fig. 57) existe dans une dépression peu étendue, très irrégulière, et profonde d'une dizaine de mètres, que les vents ont creusée dans les sables. Dans la partie la

plus basse, où abondent les touffes d'akrech, l'eau est à un mètre environ de profondeur ; elle est un peu natronnée.

A 200 mètres environ au sud-ouest du puits, et le dominant d'une dizaine de mètres, il existe un affleurement d'argiles schisteuses qui plongent vers le sud-ouest. Au pied de la falaise formée par ces argiles, on trouve des petites colonnettes de grès très ferrugineux.

Quelques petits lambeaux de calcaire, reposant directement sur le sable, existent à 500 mètres environ au nord-est. Ils sont épais d'une



Fig. 57. — COUPE PASSANT PAR LE PUITS DE SEKHAB.

1, sables dunaires ; 2, calcaire argileux coquillifère.

quinzaine de centimètres, et se débitent en plaquettes minces, à peu près horizontales. Certains de ces lambeaux sont surmontés par une mince couche de dépôts très érodés et pétris de coquilles :

Melania tuberculata MÜLLER

Valvata Tilhoi GERMAIN

Corbicula sp.

Le tout ne tardera pas à disparaître, raboté par les sables, que poussent les vents, les jours de tornades.

Sur les bords septentrional et occidental de la dépression de Sekhab, des dunes s'édifient autour de quelques massifs de siwaks et dominant d'une dizaine de mètres le pays environnant.

Entre Sekhab et Hacha. — A partir de Sekhab jusqu'à Eguétimi, sur une trentaine de kilomètres, le sol est accidenté par de vastes dépressions, de moins de dix mètres de profondeur, que séparent des monticules de sables aux dômes très surbaissés. Quelques petites dunes existent, en outre, de distance en distance.

Des lambeaux de formation sédimentaire argilo-calcaire, épais de quelques centimètres et destinés à disparaître à brève échéance, s'observent souvent au fond des dépressions. Des coquilles roulées abondent dans les endroits abrités. Elles proviennent de formations qui ont été démolies par le vent. Je n'en ai pas vu en place.

Le had (*Cornulata monocantha*) est le seul végétal que l'on ren-

contre sur tout cet espace. Rare après Sekhab, il devient abondant en avant d'Eguétimi.

Entre Eguétimi et Yeklé, sur 23 kilomètres environ, il existe de nombreuses dunes, formant une trainée de plusieurs kilomètres de large, qui occupent tout l'axe de l'Egueï. Ce sont des amoncellements de sables que les vents ont accumulés aux pieds de touffes de siwaks et de souédas. Ces plantes luttent de croissance avec les dunes pour ne pas être ensevelies sous les sables. Elles ne tarderont sans doute guère à succomber.

Le puits d'Ali Agrenga (fig. 58), qui est à 5 kilomètres au sud-ouest d'Eguétimi, est creusé dans une vaste dépression d'une dizaine de mètres de profondeur. L'eau, à peine natronnée et très abondante, est à moins d'un mètre de la surface du sol.

Sur de nombreux points de cette cuvette, il existe des lambeaux argilo-calcaires de moins de 10 centimètres de puissance et, dans les coins abrités, on trouve de nombreuses coquilles que les vents y ont accumulées après avoir emporté au loin les formations friables et légères qui les renfermaient. J'y ai recueilli :

Planorbis Bridouxi BOURGLIGNAT

Physa sp.

Valvata Tilhoi GERMAIN

Bythinia (Gabbia) Neumanni MÜLLER

Melania tuberculata MÜLLER

Corbicula Audouini GERMAIN.

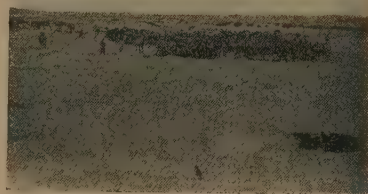


Fig. 58. — Puits d'ALI-AGRINGA.

Groupe de chameaux assemblés autour du puits.

Tout autour de la cuvette il existe quelques dunes adossées à des pieds de siwaks ; à l'intérieur croissent quelques doums (*Crucifera thebaïca*).

Le puits d'Hour, qui est à 3 kilomètres au sud-est, est entouré par plusieurs autres points d'eau, situés dans un périmètre de quelques kilomètres seulement.

Jusqu'à Abou-Mogueur, situé à 3 kilomètres environ au nord-ouest d'Hacha, le sol se présente toujours sous le même aspect et

avec les mêmes caractères. Les dunes, adossées à des siwaks, sont d'abord nombreuses, puis deviennent de plus en plus rares.

Le sol est plus uni, entre Abou-Mogueur et Hacha. Les siwaks sont beaucoup moins abondants. Quant aux doums, ils ont disparu à une dizaine de kilomètres plus au nord.

Hacha. — Hacha (fig. 59) n'est pas un lieu dit, mais une petite région qui s'étend dans la partie méridionale de l'Egueï.

Au dire des indigènes, il existe cinq points d'eau, assez rapprochés les uns des autres, qui portent le nom d'Hacha. Hacha-Gouningha ou Hacha Kébir, c'est-à-dire le grand Hacha, existe à 4 kilomètres environ au sud-est du lieu où nous avons campé.



Fig. 59. — COUPE PASSANT PAR LE Puits D'HACHA.

1, sables dunaires ; 2, dépôts sédimentaires coquillifères.

La cuvette à côté de laquelle nous avons séjourné à deux reprises, à notre arrivée et à notre départ, mesure 1.200 à 1.500 mètres de tour et une trentaine de mètres de profondeur. Elle a été creusée et approfondie par les vents.

Sa forme est très irrégulière et son fond est assez accidenté. En son milieu, il existe un petit plateau complètement isolé, de quelques mètres de haut, qui est coiffé par un chapeau de grès calcaires, assez friables.

Le point le plus bas est dans le sud-ouest de la cuvette. Il est à une dizaine de mètres au-dessous des formations sédimentaires. C'est là que l'on trouve de l'eau, en quantité inépuisable, à un mètre de profondeur à peine (fig. 60).

Les puits creusés au milieu des sables bouillants, complètement imbibés d'eau, se combleront continuellement. Chaque jour, et même plusieurs fois par jour, il faut les ouvrir de nouveau, à moins qu'on en maintienne les parois par des fascines.

Dans le fond de la cuvette d'Hacha, il existe de nombreux petits morceaux de silex, dont la surface bleuâtre est très mamelonnée. Je ne m'explique pas leur présence en ce lieu. Mais ce ne sont pas des cailloux roulés, que des eaux courantes y auraient entraînés, comme le pense M. Freydenberg [40].

La cuvette, en fond de bateau, de 15 à 20 mètres de profondeur, qui est à 500 mètres environ à l'ouest d'Hacha, est en partie démolie.

Près de la moitié de sa surface, sur le bord occidental, est tapissée par des dépôts sédimentaires. Dans l'autre moitié, ces formations ont été enlevées par les vents, et les sables qui les supportaient ont été érodés de 3 à 4 mètres.

1. Ces sédiments débutent par des grès argilo-calcaires assez friables, d'une dizaine de centimètres d'épaisseur, dans lesquels abondent de fines aiguilles brillantes de natron.

2. Au-dessus, viennent deux lits ou niveaux argilo-calcaires coquillifères de 5 centimètres environ. Dans le lit inférieur, il y a :

Planorbis Bridouxii BOURGUIGNAT

Physa (Isodora) strigosa MARTENS

Limnæa africana RÜPPEL

Melania tuberculata MÜLLER

Corbicula Audouini GERMAIN,

tandis que dans le lit supérieur il n'y a que :

Melania tuberculata MÜLLER.

3. Cette formation coquillifère est surmontée par quelques décimètres d'une roche argileuse, compacte, grisâtre, se débitant en lames épaisses.

4. Enfin, près d'un mètre de schistes gréseux, argilo-calcaires, coiffent le tout. Ils sont friables, à éléments fins, et plongent vers l'intérieur de la cuvette.

Le niveau coquillifère n'existe que dans la partie centrale de la cuvette, tandis que les schistes gréseux du sommet empiètent sur les sables qui servent de substratum à toutes les formations.

Dans toute cette région d'Hacha, la végétation est peu abondante. A part le had, qui existe à peu près partout en grande abondance, on observe quelques thalas (*Acacia tortilis*) isolés, quelques siwaks, principalement vers le sud et le sud-est, quelques doums à 7 ou 8 kilomètres



Fig. 60. — Puits d'HACHA.

Fond de la dépression, entre monticules de sables, où des puits d'un mètre environ donnent de l'eau en quantité inépuisable. Des touffes de had recouvrent le sol.

vers le nord-est, au puits de Youmadien. Ce dernier point d'eau marque la limite de l'Egueï dans cette direction.

D'Hacha à Fanengha. — Fanengha est à 40 kilomètres d'Hacha. Ce lieu dit est à l'extrémité méridionale de l'Egueï. Entre Hacha et Fanengha, l'aspect du pays est à peu près toujours le même. C'est une alternance de monticules et de dépressions aux formes très irrégulières.

Les monticules, de nature sableuse, ont leurs sommets arrondis et très surbaissés. Ils dominent d'une vingtaine de mètres, en moyenne, les dépressions qui s'ouvrent entre eux. Ces dépressions, d'ordinaire peu profondes, ont souvent leur fond tapissé par des lambeaux calcaires ou argilo-calcaires. Assez souvent, ces formations sédimentaires sont déchaussées et forment des rebords ou lèvres pouvant avoir plusieurs mètres d'épaisseur. En de nombreux points, ces dépôts contiennent des coquilles, principalement des *Melania*, et, en plusieurs endroits abrités, il existe des amas de ces coquilles que les vents y ont accumulés après avoir emporté les sédiments friables qui les renfermaient.

A 18 kilomètres d'Hacha, des plaques de grès, à ciment calcaire, jonchent le sol. Ce dernier est à peu près nu et comme rien n'arrête les sables, poussés par les vents, nulle part l'on observe de dunes. Par endroits seulement, les sables forment des rides figurant très bien des vagues qui auraient été figées sur place.

Si l'aspect du sol est à peu près le même que dans l'Egueï, la végétation en diffère. Ici, plus ou presque plus de siwak, et le had devient de plus en plus rare.

Les points d'eau, si abondants et presque à fleur de sol dans l'Egueï, font ici à peu près défaut. Jusqu'à Fanengha, il n'en existe qu'un seul, celui de Yeski, à 28 kilomètres d'Hacha. L'eau est à 4 ou 5 mètres du fond d'une dépression où croissent quelques doums et quelques siwaks.

La cuvette de Fanengha (fig. 61) a une dizaine de mètres de profondeur. Sur son bord occidental, elle est dominée par une double lèvre en retrait de dépôts sédimentaires :

1. A la base, ce sont des grès calcaires, assez friables, de près d'un mètre de puissance, qui reposent sur les sables et qui renferment beaucoup de coquilles, dont *Melania tuberculata*, *Planorbis* et *Corbicula*.

2. Au sommet, en retrait, il y a près d'un mètre d'argiles sableuses grises, sans coquilles, qui vont en s'amincissant vers l'ouest et qui finissent par disparaître usées, rabotées par les grains de sables que roulent les vents.

Sur le bord oriental, ce sont des argiles sableuses grises et, sans coquilles, qui reposent sur les sables.

Tout à fait au centre de la cuvette de Fanengha, il existe encore un petit lambeau d'argiles calcaires riches en *Melania tuberculata*.

Dans le fond de la cuvette, on rencontre quelques débris de Poissons.

A Fanengha, l'eau, au dire des indigènes, est à 5 mètres de profondeur environ. Actuellement, le puits est comblé. Comme dans le reste de l'Egueï, le niveau aquifère est dans les sables.

Ce lieu, d'après les mesures altimétriques de mes camarades de mission, Audoin et Lauzanne, est à une quinzaine de mètres au-dessus du niveau d'Hacha.



Fig. 61. — COUPE A TRAVERS LA CUVETTE DE FANENGHA.

1, sables dunaires ; 2, calcaires argileux coquillifères.

Conclusions. — La disposition en fond de bateau, dans des cuvettes, des formations argilo-calcaires coquillifères qui existent en de si nombreux points, et sur de si vastes espaces, dans l'Egueï et dans les régions qui s'étendent de part et d'autre de l'Egueï, montre que ces dépôts ont une origine sédimentaire et non alluvionnaire.

L'alternance de monticules de sables et de cuvettes, dont ces dépôts sédimentaires ont épousé la forme, supprime aussi l'idée de vallée pour l'Egueï.

L'Egueï, telle qu'elle se présente à nous, est une portion du fond d'un ancien lac.

Quand les eaux se répandirent dans cette région, l'Egueï venait d'être soumise à un régime dunaire, car les monticules de sables, aux dômes très surbaissés, qui servent de substratum aux dépôts sédimentaires, sont d'anciennes dunes mortes que les pluies avaient très fortement démolies.

Postérieurement à l'assèchement, le régime dunaire s'est renouvelé de nouveau dans l'Egueï, et il y subsiste encore.

9. — Moji.

Généralités. — La partie centrale de la zone désertique, de 100 kilomètres de large environ, qui s'étend entre l'Egueï, au sud-ouest, et le Gossom et le Toro, au nord-est, porte le nom de Moji.

Dans les deux endroits où je l'ai traversé, l'axe du Moji est jalonné par des blocs de grès ferrugineux qui jonchent le sol et qui proviennent sans doute d'une formation gréseuse que les sables ont en partie recouverte et empêchent de voir.

Au dire des indigènes, qui les ont observés en d'autres points intermédiaires, ces blocs de grès formeraient une traînée continue.

Sur l'itinéraire méridional que nous avons suivi, entre Hacha et Gouradi, mes camarades de mission, le lieutenant de vaisseau Audoin et le capitaine Lauzanne, ont constaté avec leurs baromètres que le sol, sur le côté oriental de ces dépôts gréseux, s'infléchit rapidement d'une dizaine de mètres.

Sur l'autre itinéraire, entre Ouani et Hangara, les grès ferrugineux forment aussi un petit ressaut qui regarde l'est.

Ce rebord gréseux, constaté aux deux endroits que nous avons vus, par-dessus les régions déprimées du Toro et de Koro, face aux massifs également gréseux du Tibesti et du Borkou, est probablement la lèvre supérieure d'une faille dont l'autre lèvre se serait affaissée en même temps que les régions qui lui font suite.

Ce serait sans doute à des cassures de même direction, suivies de dénivellation, qu'il faudrait attribuer l'origine des régions déprimées, en échelon, de l'Egueï, du Toro et du Koro. Mais, à ce sujet, il faut attendre la démonstration du fait, par des observations directes.

D'Hacha à Gouradi. — Une large zone désertique sableuse de près de 100 kilomètres, sans eau et sans végétation, si l'on en excepte quelques pieds de had, s'étend du puits d'Youmadien, qui est à une dizaine de kilomètres au nord-est d'Hacha, jusqu'à Gouradi, dans le Gossom.

Sur une dizaine de kilomètres, à partir d'Youmadien, le sol est constitué par des alternances de petits monticules de sables, aux dômes surbaissés, et de faibles dépressions ayant à peine 5 à 6 mètres de profondeur.

Dans la plupart des dépressions, le plus souvent sur leur bord

occidental, formant quelques fois corniches, il existe des lambeaux de calcaires argileux.

La blancheur de ces dépôts calcaires fait contraste avec la couleur gris terne des sables qui les supportent et qui les environnent de toutes parts. Sous les jeux de la lumière éblouissante du soleil, on dirait des séries de lacs alignés les uns derrière les autres.

Les pieds de had sont rares ; par endroits, ils manquent même totalement, et le sol est absolument nu.

Sur les 30 kilomètres qui suivent, le sol présente à peu près toujours le même aspect, mais les lambeaux argilo-calcaires deviennent plus rares et moins étendus. Dans aucun d'eux, je n'ai constaté la présence de coquilles. En un point seulement, j'ai trouvé des *Melania tuberculata*, non en place, mais accumulées par les vents dans un coin abrité.

Les sables, poussés par les vents, s'entassent autour des pieds de had et forment de petites buttes qui ressemblent à de grosses taupinières.

A peu près à mi-chemin, le pays paraît un peu surélevé. De nombreux blocs de grès calcaires et de grès ferrugineux se montrent à la surface, mais à moitié ensevelis sous les sables. Leur présence caractérise la région appelée Moji.

Ensuite, sur une trentaine de kilomètres, le sol reste à peu près plat, sans trace de formations argilo-calcaires. En plusieurs points, il existe de petites dunes, en forme de croissant, de 4 à 5 mètres de haut ; le had est toujours rare.

Enfin, dans les 20 derniers kilomètres avant Gouradi, des dépressions de 6 à 7 mètres et des monticules sableux reparaissent de nouveau. Dans beaucoup de ces dépressions, il existe de petits lambeaux de formations calcaires et parfois de petits amas de coquilles roulées de *Melania tuberculata*. Par endroits, le sol est surmonté par des dunes mobiles, en forme de croissant, de 4 à 5 mètres de haut. Un thala (*Acacia tortilis*), le seul de toute la région, signale de loin au voyageur le puits de Gouradi.

D'Ouani à Hangara. — La vaste zone, d'une centaine de kilomètres de large, totalement privée d'eau et, à part de rares pieds de had, complètement dépourvue de végétation, qui s'étend entre Ouani, dans le nord du Toro, et Hangara, dans le nord de l'Egueï, est la continuation de celle que nous venons de décrire entre Hacha et Gouradi, à plus de 80 kilomètres au sud-est.

D'Ouani à Hangara, le sol se relève légèrement, de la même quantité qu'il s'est infléchi entre Hacha et Gouradi. En certains endroits,

principalement du côté du Toro, le sol est accidenté par des dépressions de 6 à 8 mètres de profondeur que séparent des monticules de sables aux dômes très surbaissés; en d'autres, surtout du côté de l'Egueï, il est à peu près plat.

Des dunes existent presque partout. Peu après Ouani, celles-ci s'étendent sur une vaste zone de 7 à 8 kilomètres de large, et mesurent une quinzaine de mètres de hauteur. A peu près à égale distance entre le Toro et l'Egueï, au point culminant de cette zone désertique, il existe une autre rangée de dunes. Là, elles voisinent avec des blocs de grès ferrugineux, de couleur brunâtre, qui, au dire des indigènes, sont le prolongement des formations gréseuses que nous avons observées plus au sud-est entre Hacha et Gouradi. De l'autre côté de cette trainée de blocs de grès, c'est-à-dire sur le bord occidental du Moji, jusqu'à Hangara, les dunes sont plus petites. Certaines d'entre elles n'ont que quelques mètres seulement et sont encore en voie de formation; elles occupent ordinairement le fond des légères dépressions qui accidentent le sol.

Les formations argilo-calcaires qui tapissent le fond des dépressions du Toro se continuent jusqu'à une vingtaine de kilomètres au delà d'Ouani. Puis sur l'itinéraire, sauf en un point, elles ne se rencontrent plus qu'à une vingtaine de kilomètres avant Hangara.

Sur le bord oriental du Moji, presque à égale distance entre le Toro et l'Egueï, il existe un tout petit lambeau de calcaire coquillifère d'une soixantaine de centimètres d'épaisseur qui ne tardera pas à disparaître, usé, raboté par les sables.

A sa base, reposant directement sur les sables, il y a environ 30 centimètres d'argiles calcaires très feuilletées avec quelques petites coquilles.

Au-dessous, il y a environ 20 centimètres de sables coquillifères qui ont, dans leur partie supérieure, d'abondants Gastéropodes, avec quelques Bivalves, et, dans leur partie inférieure, des Bivalves avec de rares Gastéropodes.

Ce petit lambeau est coiffé par un chapeau de calcaire également feuilleté qui renferme des Gastéropodes.

Ce gisement coquillifère, qui relie les dépôts sédimentaires du Toro à ceux de l'Egueï, possède la faunule suivante :

Physa (*Isodora*) *tchadiensis* GERMAIN

Melania tuberculata MÜLLER

Valvata Tilhoi GERMAIN

Pisidium (*Eupera*) *Länderoini* GERMAIN.

Tout à côté de ce lambeau calcaire, en deux points, il existe des

argiles rougeâtres, dures, ressemblant à de l'argile cuite, et dans laquelle s'observent des globules de fer. Le tout est peut-être le produit d'une combustion.

10. — Toro et Gossom.

Une autre région naturelle, ressemblant à l'Egueï, c'est-à-dire possédant de nombreux points d'eau et une végétation par endroits arborescente, se développe à une centaine de kilomètres au nord-est de la précédente. Sa partie septentrionale s'appelle Toro et sa partie méridionale porte le nom de Gossom.

Historique. — Jusqu'à présent on n'avait guère de renseignements bien précis sur ces deux régions. Nachtigal, en allant au Borkou, traversa le Toro, mais ne le décrivit pas. C'est probablement dans le Toro qu'il recueillit l'échantillon de « tuf calcaire », pétri de coquilles, qu'il rapporta en Europe et dont nous avons déjà parlé, à propos de l'Egueï.

Le capitaine Mangin visita le Toro. Il y signala des vertèbres de Poissons et il indiqua à peu près la position de ce dernier par rapport à celle de l'Egueï.

M. Freydenberg, dans sa thèse [42], d'après les renseignements de Mangin, a fait une brève description du Toro et l'a considéré, à tort, comme un bahr.

Aperçu général. — Le Toro et le Gossom sont dans le prolongement l'un de l'autre. Etant sensiblement orientés ouest-nord-ouest est-sud-est, ils sont donc à peu près parallèles à l'Egueï. Ils sont à une altitude encore plus basse que cette dernière région. Les mesures hypsométriques de mes camarades de mission, Audoin et Lauzanne, les placent à une soixantaine de mètres au-dessous du niveau du Tchad.

Le *Gossom*, dans sa partie septentrionale que nous avons visitée, de Gouradi au Toro proprement dit, ressemble à l'Egueï par ses monticules de sables et ses dépressions, ouvertes dans les sables, et dans lesquelles s'étaient des dépôts sédimentaires coquillifères blanchâtres, de nature argilo-calcaire.

Toutefois, il s'en différencie un peu par l'absence de doums (*Cru-cifera thebaïca*) et par la pauvreté de la végétation.

D'après les renseignements que m'a donnés le lieutenant Ferrandi, la partie sud-est de Gossom, de Gouradi au Djourab, a la

même constitution qu'aux environs de Gouradi avec points d'eau abondants et lambeaux de formations sédimentaires nombreux.

Le Toro possède une végétation arborescente plus riche que celle du Gossom. Il a, en plus, de nombreuses touffes de doums et quelques dattiers (*Phenix dactylifera*).

Dans le voisinage du Gossom, comme dans ce dernier, le sol est constitué par des alternances de monticules de sables et de cuvettes. C'est dans le fond de ces dernières, où il existe ordinairement des formations sédimentaires, que l'on creuse les puits.

Dans la partie septentrionale du Toro, les sédiments argilo-calcaires forment une nappe continue sensiblement horizontale, que l'on voit apparaître entre les dunes qui se sont formées postérieurement.

En plusieurs points, comme je l'ai déjà dit, les vents ont emporté ces formations sédimentaires et ont enlevé les sables sous-jacents sur une certaine épaisseur. C'est dans ces cuvettes, d'origine éolienne, que l'on creuse les puits où l'eau est à quelques mètres de profondeur.

Faune malacologique. — Dans cette région naturelle du Toro et du Gossom, et dans les régions qui avoisinent, parfois à d'assez grande distance, j'ai trouvé une petite faunule malacologique formée par des espèces tchadiennes.

Dans les formations argilo-calcaires de Gouradi, en plein Gossom, j'ai trouvé quatre espèces :

Planorbis Bridouxii BOURGUIGNAT

Valvata Tilhoi GERMAIN

Melania tuberculata MÜLLER

Pisidium (Eupera) Landeroini GERMAIN.

Dans le Toro proprement dit, c'est-à-dire dans sa partie axiale, je n'ai observé aucune coquille dans les formations sédimentaires qui s'y montrent en de nombreux points.

Par contre, en allant dans le Koro, à plus de 40 kilomètres au nord-est de Toro-Doum, j'ai trouvé :

Melania tuberculata MÜLLER.

A plus de 50 kilomètres au sud-ouest d'Ouani, sur le chemin d'Hangara, à peu près à égale distance entre le Toro et l'Egueï, j'ai recueilli :

Physa (Isodora) tchadiensis GERMAIN

Melania tuberculata MÜLLER

Valvata Tilhoi GERMAIN

Pisidium (Eupera) Landeroini GERMAIN.

Gouradi. — Les environs de Gouradi sont constitués par des dépressions, de 5 à 6 mètres de profondeur, que séparent des petites buttes sableuses, aux dômes très surbaissés et à la surface légèrement mamelonnée.

Du sommet de ces monticules de sables qui environnent ce point d'eau, la vue s'étend très loin. Tout autour, sauf du côté du nord-ouest, où des dunes se profilent à l'horizon, c'est la plaine immense, à peine accidentée par des rides de sable, ou par des amas de sables entassés au pied des touffes de had.

Dans la cuvette située à 500 mètres environ au nord-est du thala qui indique de loin, au voyageur, le lieu de Gouradi, l'eau se trouve à 1 m. 50 environ de profondeur. Elle est très abondante, mais salée et purgative.

A 300 mètres environ au sud-ouest du puits (fig. 62), il existe un lambeau de dépôts argilo-calcaires qui est à un niveau un peu inférieur à celui des points culminants.

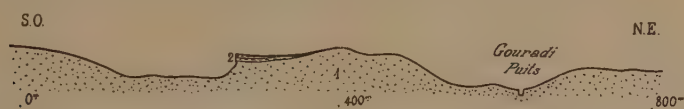


Fig. 62. — COUPE PASSANT PAR LE PUITS DE GOURADI.

1, sables dunaires ; 2, calcaires argileux coquillifères.

Sur son bord sud et sud-est, cette formation sédimentaire est déchaussée sur plus d'un mètre et demi de hauteur. Elle repose directement sur les sables dont elle épouse la forme très irrégulière. Sa surface est rabotée, même un peu lustrée, par le passage des sables que poussent les vents, lors des tornades sèches.

Les couches supérieures de ces formations sédimentaires de Gouradi ont une épaisseur variable et ne sont pas coquillifères.

Viennent ensuite plusieurs petites assises, très nettement schisteuses, de nature argilo-calcaire et épaisses de 5 à 6 centimètres ; elles renferment des coquilles, ordinairement mal conservées, de Gastéropodes et de Bivalves.

Les coquilles sont principalement cantonnées dans deux petites couches du milieu de la formation. Elles appartiennent aux espèces suivantes :

Planorbis Bridouxi BOURGUIGNAT

Valvata Tilhoi GERMAIN

Melania tuberculata MÜLLER

Pisidium (Eupera) Landeroini GERMAIN.

Ce sont ensuite une quinzaine de centimètres de formations blanchâtres et assez légères.

Enfin, les dépôts de la base, épais de 5 à 6 centimètres et de couleur noirâtre, sont compacts et disposés en petites assises.

De Gouradi à Timidinga. — Nous n'avons exploré que la partie septentrionale du Gossom, celle qui s'étend entre Gouradi et Timidinga, à l'entrée du Toro, soit sur un espace de 25 kilomètres environ.

Le sol est à peine accidenté. En certains points, les sables, très meubles, forment des rides, de 10 à 20 centimètres de hauteur, qui rendent la marche pénible.

Ces rides sableuses, perpendiculaires à la direction du vent venant du nord-est, figurent assez bien les vagues d'un lac qui se seraient figées.

Quelques lambeaux de formations argilo-calcaires blanchâtres existent au milieu de ces sables. Ils sont presque tous déchaussés du côté de l'est, face au vent.

Dans le fond sableux d'une dépression, à 7 ou 8 kilomètres de Gouradi, on rencontre de nombreuses petites boules de grès à ciment calcaire, de la grosseur d'une noix et ayant l'aspect de pralines.

Les dunes, sur l'itinéraire, n'apparaissent que plus loin, à une douzaine de kilomètres de Gouradi. Elles ont de 15 à 20 mètres de hauteur et sont orientées nord-est-sud-ouest.

Sauf de rares pieds de had et quelques touffes de siwak, cette région est dépourvue de végétation.

De Timidinga à Toro-Doum. — Timidinga, d'après les indigènes, est le commencement du Toro. Cette distinction paraît justifiée, d'après l'aspect du pays qui devient un peu plus accidenté, et surtout d'après la végétation qui devient plus abondante. Le monde végétal, en effet, s'est enrichi d'espèces nouvelles. A Timidinga même, aux rares pieds de had et aux quelques touffes de siwaks, que nous avons observés dans le Gossom, sont venus s'ajouter des houppes de doums et quelques dattiers ; les uns et les autres se trouvent disséminés au milieu de la plaine.

Cinq kilomètres plus loin, à Forogoro, le fond de la cuvette, où l'eau existe à une faible profondeur, est recouvert de nombreuses touffes d'akrech et possède quelques doums.

Sur les bords de cette cuvette, et principalement sur le bord oriental, croissent de nombreuses touffes de siwaks autour desquels les vents entassent les sables.

A quelques kilomètres au nord de ce point d'eau, s'étend une région qui est couverte de dunes de 15 à 20 mètres de hauteur.

De Forogoro, qui est à 5 kilomètres de Timidinga, jusqu'à Toro-Doum, qui est à 25 kilomètres plus loin environ, le sol est mouvementé (fig. 63). Les dépressions ont de 15 à 20 mètres, et, dans leur fond, il existe souvent des dépôts argilo-calcaires qui sont ordinairement déchaussés du côté de l'est.

Les points d'eau sont nombreux dans cette partie du Toro.

Des dunes de 15 à 20 mètres, en forme de croissant, existent de part et d'autre de la zone occupée par les points d'eau. C'est à tort qu'elles ont pu être prises pour les berges d'une vallée, car le Toro n'est pas le lit d'une ancienne rivière.



Fig. 63. — COUPE PASSANT PAR LA RÉGION DE FOROGORO.

1, sables dunaires ; 2, formations argilo-calcaires.

L'akrech (*Vilfa spicata*), accompagné parfois de rares doums, abonde dans les parties basses de ces dépressions, où l'eau est à une faible profondeur, tandis que les siwaks et les touffes de had croissent sur les flancs et sur les sommets des monticules de sables.

Les sables, poussés par les vents, s'entassent souvent au pied des plants de had et y forment de véritables taupinières ayant parfois plus d'un demi-mètre de haut.

Toro-Doum. — Toro-Doum, qui est une petite région du Toro et non un lieu dit, est ainsi nommé à cause des doums qui y existent en abondance. Cette région possède de nombreux points d'eau.

Dans les environs de ces puits, au milieu des sables et reposant sur les sables, affleurent des lambeaux de roches argilo-calcaires blanchâtres non coquillifères, mais renfermant quelques ossements de Poissons.

Les vents, par endroits, ont déchaussé ces dépôts sédimentaires, et ceux-ci forment alors de petites corniches qui coiffent des falaises à base sableuse, de un à deux mètres de haut.

A Toro-Doum, l'eau est à peine natronnée, un peu fade, mais bonne à boire. Elle existe dans le sous-sol sablonneux. Dans les parties basses, où abonde l'akrech, elle se trouve à moins d'un mètre de profondeur.

Cette petite région de Toro-Doum est entourée de toutes parts par des dunes très irrégulièrement distribuées.

Vers l'ouest, à 2 kilomètres environ du puits de Toro-Doum, ces dunes sont hautes de 20 à 25 mètres et forment une traînée qui sert de limite à cette petite partie du Toro. De nouvelles rangées de dunes existent encore plus à l'ouest.

Entre ces dunes, dans les dépressions, affleurent de nombreux lambeaux de dépôts argilo-calcaires qui apparaissent de loin comme des taches blanches sur la teinte gris clair des sables. Dans ces dépressions, il existe souvent des prairies d'akrech.

Dans les régions situées à l'est de Toro-Doum, le sol, qui est plat, est également surmonté par des dunes. Il possède des prairies d'akrech, des houppes de doums, des touffes de siwaks.

Dans une dépression de quelques mètres, le sable est humide et l'eau s'accumule dans les creux laissés par les pas des animaux.

Vers le nord-ouest et vers le sud-est de Toro-Doum, le pays présente le même aspect et la même constitution générale. Les doums, par houppes d'une dizaine, au maximum, sont assez nombreux dans cette partie du Toro ; ils lui ont valu son nom, du reste.

Des siwaks, aux rameaux serrés et feuillus, forment des touffes épaisses d'un vert très clair. Pour ne pas être ensevelis sous les sables, ils luttent de croissance avec les dunes qui se forment autour d'eux.

De Toro-Doum à Ouani. — De Toro-Doum à Ouani, distants d'une trentaine de kilomètres, le sol, comme toujours, présente des alternances de petits monticules de sables et de dépressions de quelques mètres de profondeur, dans lesquelles existent des lambeaux de formations sédimentaires.

Presque partout, le sol est surmonté par des dunes de 15 à 20 mètres de hauteur, tantôt situées près de la piste, tantôt distantes de celle-ci de 2 à 3 kilomètres.

A partir d'Agranga, un point d'eau qui est situé à égale distance entre Toro-Doum et Ouani, les dépôts sédimentaires forment une nappe horizontale et continue.

Des houppes de doums, des touffes de siwaks et des prairies d'akrechs se rencontrent sur plusieurs kilomètres près de Toro-Doum.

Le had ne se montre de nouveau qu'un peu avant Ouani.

Ouani. — La région d'Ouani est entourée de toutes parts par des dunes de 15 à 20 mètres de hauteur.

Le puits d'Ouani est ouvert au fond d'une dépression, de 4 à 5

mètres, que les vents ont creusée au milieu des sables. L'eau, qui est à moins d'un mètre de profondeur, est douce et non natronnée.

Ouani Akadeï, qui est le dernier point d'eau sur la route d'Hangara, dans le nord de l'Egueï, est à 4 kilomètres au sud-ouest.

Quelques houppes de doums, de rares touffes de siwaks et des pieds de had très clairsemés constituent presque toute la végétation de cette région.

De Toro-Doum à Koro-Kidinga. — A 6 kilomètres environ au nord-est de Toro-Doum, se trouve le puits d'eau de Toro-Timmi.

Toro-Timmi est une vaste dépression que des dunes de 15 à 20 mètres de hauteur entourent de toutes parts.

De nombreuses touffes d'akrech poussent dans cette dépression, et les sables qui s'entassent autour d'elles forment des taupinières de 1 mètre à 1 m.50. De petites houppes de doums y croissent de distance en distance. Enfin, les sables s'accumulent au pied des massifs de siwaks que l'on y observe, et sont les ébauches de dunes futures.

A partir de Toro-Timmi, le sol se relève d'abord un peu et constitue ensuite une plaine à peu près unie jusqu'au puits de So Moussoua, à 27 kilomètres environ plus loin.

Des groupes de dunes, de 20 à 25 mètres, plus ou moins rapprochées les unes des autres, se dressent un peu partout de chaque côté du chemin que nous suivons.

Dans les légères dépressions, ouvertes par les vents au milieu des sables, se voient de nombreux affleurements, en couches à peu près régulières, de dépôts argilo-calcaires qui appartiennent à une formation continue.

L'akrech, qui avait disparu après Toro-Timmi, pour faire place au had, reparaît à une dizaine de kilomètres plus loin. Le siwak n'existe plus. On ne retrouve quelques doums qu'à So Moussoua.

Le puits de *So Moussoua* a 2 m. 50 environ de profondeur. Il traverse d'abord des formations argilo-calcaires blanchâtres sur près de 1 m.50, puis il atteint le niveau aquifère à un mètre plus bas, dans les sables. L'eau est abondante, mais elle a un goût fade, un peu natronné.

A 500 mètres environ au sud-ouest de ce puits, il existe un lambeau de grès ferrugineux, à la surface scoriacée, d'une quinzaine de centimètres d'épaisseur. Ces grès sont rougeâtres dans leurs parties exposées à l'air, et jaunâtres dans leurs cassures fraîches. Ils reposent sur les sables et non sur les argiles qui buttent contre eux. D'autres lambeaux de grès ferrugineux existent en plusieurs points, dans les environs.

La même structure générale du pays se poursuit encore sur deux

à trois kilomètres après So Moussoua. Les formations calcaires cessent alors, et c'est le Toro qui prend fin.

Conclusions. — Toute la région du Toro et du Gossom n'est ni un bahr, ni une vallée, comme on l'a dit.

Les dépôts argilo-calcaires blanchâtres coquillifères que l'on y observe à peu près partout, en fond de bateau dans la partie méridionale, en nappe continue dans la partie septentrionale, ont une origine sédimentaire, une origine lacustre.

Le Toro et le Gossom, comme l'Egueï, font partie de l'ancien fond d'un plus grand Tchad.

11. — Koro.

Généralités. — Le Koro se trouve à une soixantaine de kilomètres du Toro, c'est-à-dire plus avant dans l'intérieur du Bodelé. On l'appelle encore Korou, Kori. Le mot Kori, dans le langage des indigènes, veut dire montagnes, montagnes de sables, dunes.

Il est à une altitude encore plus basse que le Toro, à 90 mètres environ au-dessous du Tchad, d'après les mesures de mes camarades de mission, Audoin et Lauzanne.

Nachtigal, qui a traversé cette région en se rendant au Borkou, a constaté que Koro-Kidinga, l'un de ses points d'eau, est l'endroit le plus bas de tout le Bodelé, le sol se relevant à partir de ce lieu jusqu'au Borkou.

Le Koro est séparé du Toro par une large zone, de plus de 20 kilomètres, dans laquelle on ne trouve pas trace des formations argilo-calcaires qui existent dans chacune de ces deux régions.

Cette zone est à peu près plane, avec des groupes de dunes parfois assez espacées.

En de nombreux points, le sol est nu ; en d'autres, il est recouvert de touffes d'akrech, mais on ne rencontre nulle part de végétation arbustive.

Un léger vernis argileux, de couleur grise, un peu sableux et de quelques centimètres d'épaisseur, est visible en de nombreux points, et il continue les formations argilo-calcaires du Toro.

A 7 ou 8 kilomètres de So Moussoua, sous ce vernis argileux, dans du sable fin, un peu jaunâtre, j'ai recueilli de nombreux exemplaires de *Melania tuberculata*. C'est le point le plus oriental où j'ai trouvé des coquilles.

Le Koro commence à une cinquantaine de kilomètres au nord-est

de Toro-Doum, dans le Toro. Koro-Kidinga, le seul point d'eau que nous ayons visité, est à une cinquantaine de kilomètres plus loin.

Dans les parties que j'en ai vues, le Koro ne représente ni le lit d'une vallée, ni le fond d'un ancien bahr. C'est une vaste plaine, légèrement déprimée, que surmontent de nombreuses dunes, généralement isolées, quelquefois groupées plusieurs ensemble. Ces dunes, qui ont de 25 à 30 mètres de hauteur, sont mobiles et ont la forme d'un croissant dont l'ouverture regarde l'ouest.

Le sol est en grande partie constitué par des formations argilo-calcaires grisâtres, ordinairement très émiettées. L'akrech (*Vilfa spicata*) très abondant y forme de véritables prairies de verdure.

À la base d'une dune, à 6 ou 7 kilomètres avant le puits de Koro-Kidinga, le sol a été un peu affouillé par les vents, et les eaux y sont à fleur de sol. En plusieurs points, des efflorescences blanches de natron ont agglutiné les sables en une croûte épaisse qui craque sous les pieds.

Koro-Kidinga. — Le puits de Koro-Kidinga est à 65 kilomètres au nord-est de Toro-Doum. C'est le point le plus oriental et le plus septentrional qui ait été atteint par la mission. Ce puits est situé dans l'ouverture d'une dune en forme de croissant. Il est creusé dans une partie déprimée dont le sol est formé par des sables fins, poussiéreux, de couleur jaunâtre.

Le reste de l'espace compris entre les deux pointes de cette dune et les espaces qui s'étendent plus loin sont constitués par des formations argileuses, un peu calcaires, happant à la langue, et renfermant quelques débris de Poissons.

L'eau est à un mètre de profondeur. Elle est très abondante, bonne à boire, presque sans goût de natron.

Du sommet de la dune, haute d'une trentaine de mètres, qui domine le puits de Koro-Kidinga, la vue s'étend très loin. Tout autour, à perte de vue, c'est la plaine immense avec ses prairies d'akrech; et ses essaims de dunes toutes identiques les unes aux autres.

Ces dunes du Korou sont mouvantes; aucun obstacle pour les fixer.

12. — La région du Bahr el Gazal.

Généralités. — Toute la région qui est à cheval sur le sillon du Bahr el Gazal porte le nom de Yédi ou Bahr el Gazal.

Assez rapprochée de la zone équatoriale, où il pleut fréquemment, cette région possède une végétation assez abondante. Aussi, c'est un pays de pâturages que parcourent de nombreuses tribus nomades.

Dans les parties que j'ai visitées, notamment dans les environs d'Am Raya, la région du Bahr el Gazal présente le même aspect que le Chitali et que le Kanem. Cependant, les monticules de sables sont moins élevés et n'ont que de 25 à 30 mètres en moyenne.

Comme dans ces deux régions, les cuvettes qui s'ouvrent entre les monticules de sables sont souvent reliées entre elles par des chenaux plus ou moins ensablés, parfois presque totalement comblés. Dans leur fond, il existe également des formations argilo-calcaires blanchâtres. Dans celles qui sont le plus rapprochées du sillon du Bahr el Gazal, on trouve des coquilles appartenant à des espèces vivant encore dans le Tchad.

J'ai effectué deux itinéraires seulement dans la partie septentrionale de cette région, d'Aourak à Am Raya, du nord au sud, et de Fantrassou au Kanem, de l'est à l'ouest. Je n'ai pas eu le temps de voir la partie qui s'étend au sud du sillon du Bahr el Gazal.

D'Aourak à Am Raya. — De la cuvette d'Aourak, que nous avons déjà décrite, à celle de Koal qui est à une soixantaine de kilomètres plus au sud, le sol est peu accidenté. Les cuvettes qui s'ouvrent entre les monticules de sables n'ont d'ordinaire que quelques mètres de profondeur.

Il faut en excepter une, cependant, qui est à 6 kilomètres environ d'Aourak et qui mesure de 20 à 25 mètres de profondeur. En partie ensablée, elle est reliée, par un étroit chenal, à d'autres dépressions situées au sud-est, et plus ensablées encore.

La cuvette de *Koal*, orientée nord-ouest-sud-est, mesure 600 à 700 mètres de large, et 20 à 25 mètres de profondeur. Comme à Aourak, le sol et le sous-sol sont constitués par des argiles calcaires un peu sableuses et renfermant quelques petits rognons de ménillite que l'on trouve mélangés aux déblais du puits.

L'eau, un peu natronnée, est à 14 mètres de profondeur.

D'autres cuvettes, aux bords parfois ravinés, souvent reliées les unes aux autres par d'étroits chenaux en partie ensablés, se succè-

dent jusqu'à Am Raya sur le bord septentrional du sillon du Bahr el Gazal.

Le système tchadien, représenté par de vastes carrefours, d'ordinaire peu profonds, et par d'étroits chenaux entre lesquels se dressent des monticules sableux, plus ou moins réguliers, est très nettement indiqué dans cette partie de la région du Bahr el Gazal.

Am Raya. — Am Raya (fig. 64) désigne deux grandes cuvettes, reliées ensemble, qui possèdent l'une et l'autre des puits d'une quinzaine de mètres de profondeur.

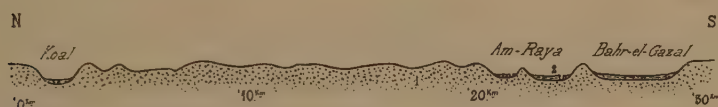


Fig. 64. — COUPE NORD-SUD ALLANT DU Puits de KOAL AU SILLON DU BAHR EL GAZAL.

1, sables dunaires ; 2, argiles calcaires coquillifères.

La cuvette méridionale, la plus grande, a près de 3 kilomètres de long, nord-sud, 600 à 700 mètres de large et 25 à 30 mètres de profondeur. Un étroit chenal, à moitié ensablé, la met en communication avec le sillon du Bahr el Gazal.

Le fond est constitué par des argiles sableuses, avec intercalation de formations argilo-calcaires qui renferment une petite faune malacologique :

Planorbis Bridouxi BOURGUIGNAT

Planorbis Gardei GERMAIN

Physa (Isodora) strigosa MARTENS

Limnæa tchadiensis GERMAIN

Bythinia (Gabbia) Neumanni GERMAIN

Melania tuberculata MÜLLER.

Des débris de coquilles d'*Unio* gisent, en quelques points, à la surface du sol et témoignent de la récente communication de cette dépression avec le sillon du Bahr el Gazal, où cette coquille existe abondamment dans la petite anse qui est en face d'Am Raya.

De Fantrassou au Kanem. — De la mare de Fantrassou, dans le sillon du Bahr el Gazal, jusqu'à la cuvette de Copoye, c'est-à-dire jusqu'à peu près à moitié chemin de Mao, on est dans la région du Bahr el Gazal.

De l'autre côté de cette cuvette, d'après les indigènes, c'est le Kanem, bien que rien, en ce point, ne distingue une région de l'autre. Puis, le Kanem semblerait plutôt se limiter au rebord du plateau qui prend fin à moins d'une dizaine de kilomètres à l'est de Mao.

Les cuvettes qui accidentent la région du Bahr el Gazal sont ordinairement orientées nord-sud et peuvent avoir jusqu'à 1.500 mètres de long, plusieurs centaines de mètres de large et de 20 à 30 mètres de profondeur. Certaines d'entre elles sont à peu près fermées. Beaucoup d'autres sont plus ou moins reliées ensemble par des chenaux en partie ensablés.

Dans le fond des cuvettes que les sables n'ont pas encore envahies, on observe des formations argilo-sableuses grisâtres, parfois blanchâtres.

C'est à travers ces dépôts sédimentaires que sont creusés les puits. L'eau est à une quinzaine de mètres de profondeur au maximum. Elle est très bonne, très limpide et sans aucun goût natronné.

Dans le fond argilo-sableux noirâtre, parfois fendillé, de la cuvette de Bossa, qui est à 4 ou 5 kilomètres du sillon du Bahr el Gazal, et qui en est séparée par une autre cuvette, j'ai recueilli les coquilles suivantes, déterminées par M. Germain :

Planorbis Bridouxii BOURGUIGNAT

Planorbis Gardei GERMAIN

Physa (Isodora) strigosa MARTENS

Vivipara unicolor OLIVIER

Cleopatra cyclostomoides KÜSTER, var. *tchadiensis* GERM.

Byhinia (Gabbia) Neumanni MARTENS

Melania tuberculata MÜLLER

Unio (Nodularia) Lacoini GERMAIN

Mutela angustata SOWERBY, var. *ponderosa* GERMAIN.

Cette petite faunule, dont les espèces vivent encore dans le Tchad, montre que la cuvette de Bossa a été en relation, tout récemment, avec le sillon du Bahr el Gazalet, par suite, avec le Tchad.

La cuvette qui précède Bossa possède également des coquilles. Dans celle qui la suit, j'ai vu, en passant, des débris d'*Unio*.

La cuvette de Kalkdé, qui est à une trentaine de kilomètres plus à l'ouest, a ses bords érodés et ravinés. Les sables entraînés par les vents ont commencé à en combler le fond. Plusieurs étroits canaux, plus ou moins ensablés, la mettent en relation avec d'autres cuvettes. Ici, le système tchadien subsiste encore très nettement.

La cuvette de Neïmi, qui est à 7 kilomètres plus loin, présente les mêmes caractères.

Celle de Copoye a 500 à 600 mètres de long et 200 à 300 mètres de large. Ses bords sont fortement ravinés. Plusieurs chenaux la relient à d'autres cuvettes. Les formations argilo-calcaires blanchâtres qui en occupent le fond sont légères et pourraient être prises, à première vue, pour du tripoli.

13. — Bahr el Gazal.

Généralités. — Le Bahr el Gazal est un long et large sillon, de 20 à 30 mètres de profondeur, qui commence à une trentaine de kilomètres au nord-est de Massakori, c'est-à-dire à près de 80 kilomètres du Tchad, et qui se termine à l'entrée du Djourab, à 400 kilomètres plus loin, vers le nord-est.

Je n'ai vu le Bahr el Gazal proprement dit que dans sa partie centrale, à Am Raya et à Fantrassou. Je ne le décrirai que dans ces deux régions.

Je ne considère pas comme faisant partie du Bahr el Gazal, avec lequel elle n'a du reste aucune ressemblance, la zone légèrement déprimée qui traverse le Dagana et qui rejoint celui-ci au delà de Massakori.

Le capitaine Vignon, qui a suivi le Bahr el Gazal depuis Am Raya jusqu'à sa terminaison, avant Massakori, m'a dit que ce sillon présente partout le même aspect général qu'à Am Raya même.

Le lieutenant Ferrandi a parcouru le Bahr el Gazal dans toute sa longueur. Partout, il a aussi observé le même aspect qu'à Am Raya.

Le Bahr el Gazal à Am Raya. — A Am Raya, le sillon du Bahr el Gazal mesure 4 à 5 kilomètres de large et 25 à 30 mètres de profondeur.

Ses berges sableuses sont très irrégulièrement et très capricieusement découpées, présentant alternativement des pointes ou promontoires, qui s'avancent dans l'intérieur du Bahr el Gazal, et des échancrures ou baies qui s'enfoncent dans le plateau situé de part et d'autre de ce sillon.

La largeur du Bahr el Gazal varie, suivant qu'elle est considérée entre deux baies qui se font face, ou entre deux promontoires qui se regardent.

D'étroits chenaux, plus ou moins ensablés et faisant suite aux échancrures qui entament les berges du Bahr el Gazal, relient ce sillon à des cuvettes qui sont situées à l'intérieur du plateau.

De prime abord, ces échancrures et les chenaux qui les prolongent pourraient être pris pour les estuaires et pour les vallées d'anciens affluents du Bahr el Gazal.

L'axe de ces derniers est ordinairement occupé par un petit sillon, large d'une dizaine de mètres et profond de un à deux mètres, qui se dirige vers le centre du Bahr el Gazal, où, après chaque tornade, il amène les eaux de pluie pour y former de petites mares temporaires.

Dans une petite anse du Bahr el Gazal, séparée de la cuvette d'Am Raya par un simple monticule de sables, j'ai recueilli, dans les argiles sableuses qui en occupent le fond, la petite faunule malacologique suivante :

Planorbis Bridouxii BOURGUIGNAT
Planorbis Chudeaui GERMAIN
Planorbis Gardei GERMAIN
Physa (Isodora) strigosa MARTENS
Vivipara unicolor OLIVIER
Bythinia (Gabbia) Neumanni MARTENS
Melania tuberculata MÜLLER
Unio (Nodularia) Lacoini GERMAIN
Corbicula Lacoini GERMAIN
Corbicula sp.

Le Bahr el Gazal à Fantrassou. — Les mares temporaires de Fantrassou, situées dans le fond du sillon du Bahr el Gazal, sont à 25 kilomètres environ au nord-est d'Am Raya. Elles sont un centre de pacages.

En cet endroit, le Bahr el Gazal mesure, d'un promontoire ou monticule de sable à un autre, plus de deux kilomètres de large.

Sur le rebord méridional de ce sillon, les monticules de sables ont été à moitié démolis par les vents et par les pluies. Celui qui se trouve immédiatement à côté des mares de Fantrassou est complètement isolé, c'est-à-dire entouré de tous les côtés par des dépressions.

Un petit sillon, de deux à trois mètres de profondeur, part de la base nord-ouest de ce monticule de sable et se dirige perpendiculairement dans le Bahr el Gazal où il s'élargit pour former une mare qui persiste jusqu'à la fin de février.

En cet endroit, le fond du Bahr el Gazal est constitué par des argiles sableuses grisâtres qui sont des dépôts d'eaux tranquilles et non des alluvions.

A côté des mares de Fantrassou, j'ai observé des débris de coquilles appartenant aux genres *Melania* et *Planorbis*.

Sur son autre bord, le sillon du Bahr el Gazal est limité par des monticules de sables, mieux conservés, qui ont de 15 à 20 mètres de haut. Entre ceux-ci, comme à Am Raya, s'ouvrent de larges baies que des chenaux étroits, et plus ou moins ensablés, relient à des cuvettes situées dans l'intérieur du plateau.

Le sillon du Bahr el Gazal, tel que nous venons de le décrire, ne se poursuit pas jusqu'au Tchad. Il se termine à une trentaine de kilomètres à l'est de Massakori, à Bir Gara (El Gara), où le capitaine Freydenberg plaçait le delta primitif du Bahr el Gazal, celui-ci étant considéré par lui comme une vallée, et les eaux du Tchad s'étant retirées de cet endroit jusqu'à leur limite actuelle.

Ce que représente le Bahr el Gazal. — Deux hypothèses, diamétralement opposées, ont été faites par divers voyageurs sur l'origine et sur la fonction du Bahr el Gazal. Les uns le considèrent comme le lit d'un ancien affluent du Tchad, les autres, au contraire, comme celui d'un ancien effluent.

Cette contradiction tient à ce que les hypothèses ont été émises par des personnes qui n'avaient pas vu ce sillon, et qui ne s'en étaient fait une idée que d'après les renseignements qu'elles avaient recueillis auprès des indigènes.

L'incertitude qui existe encore à ce sujet ne pourra disparaître que quand le Bahr el Gazal aura été exploré méthodiquement et scientifiquement dans toute sa longueur.

1° Barth [4], qui n'avait pu arriver au Bahr el Gazal, à cause de l'insécurité du pays, considérait ce sillon comme l'ancien lit d'un affluent du Tchad.

2° Nachtigal [86], qui avait circulé dans les régions situées de part et d'autre du Bahr el Gazal, lors de ses voyages du Kanem au Borkou et du Bornou à l'Ouadaï, n'avait vu le sillon qu'en un seul point, au sud-ouest de Bir Gara (El Gara de sa carte), avant l'endroit que M. Freydenberg considère comme l'extrémité sud-est du vrai Bahr el Gazal.

Cependant, entre temps, il avait recueilli de précieux renseignements et fait d'intéressantes observations.

En 1870, étant dans le Kanem, il apprend, par les indigènes, que les eaux du Tchad se sont avancées à plus de 100 kilomètres dans le sillon du Bahr el Gazal, et, en 1873, comme il se rendait dans l'Ouadaï, il constate par lui-même, près de Bir Gara, que les eaux ne se sont pas encore complètement retirées et qu'elles sont encore à environ 80 kilomètres du Tchad.

Ayant observé, dans son voyage au Borkou, que les régions

situées au nord-est de ce lac, par delà le plateau du Kanem, du Lilloa et du Manga, jusqu'au Borkou, sont à des altitudes plus basses que celle de ce lac, et ayant appris, puis constaté, que les eaux du Tchad s'avançaient alors dans le sillon du Bahr el Gazal, Nachtigal en conclut que ce dernier était un affluent du Tchad. « Pour moi, dit-il, divers renseignements que j'avais recueillis m'avaient donné à penser de plus en plus que le Bahr el Gazal devait être au contraire un écouloir desséché de la lagune bornouane. »

Et il suppose encore que ces régions déprimées du nord-est du Tchad, où il pleut très peu, sont encore alimentées en eau souterraine par le Tchad. « Aujourd'hui, dit-il encore, que l'écoulement a cessé de se faire en dessus, il est à supposer qu'il continue de se faire en dessous vers les régions sus-nommées dont le niveau est inférieur à la coupe bornouane, et que c'est la source de leur richesse en eau terrestre. »

3° M. Foureau [38], sans vouloir se prononcer catégoriquement, est plutôt porté à considérer le Bahr el Gazal comme un affluent du Tchad. L'étroit sillon, de 200 à 300 mètres de large et de deux mètres de profondeur, qu'il a vu à Tegaga (Tingaga de sa carte), entre Massakori et le Tchad, n'est pas le Bahr el Gazal, comme il le croit, mais bien, comme l'a fait remarquer le capitaine Freydenberg, et comme nous l'avons déjà dit, bahr Massakori, c'est-à-dire un des nombreux bahrs, — et le plus long — qui partent du Tchad pour s'enfoncer dans l'intérieur des terres.

Quant à la critique qu'il fait des altitudes trouvées par Nachtigal, pour les régions déprimées du nord-est du Tchad, je dirai que les mesures hypsométriques de mes camarades de mission, le lieutenant de vaisseau Audoin et le capitaine Lauzanne, exécutées dans des conditions de rigueur très satisfaisantes [100. p. 335], confirment celles de l'illustre voyageur allemand.

Au surplus, jusqu'à démonstration contraire, rien n'autorise à dire que des eaux courantes ont circulé dans le sillon du Bahr el Gazal, soit dans un sens, soit dans un autre, car, comme je l'ai déjà dit, les dépôts que j'ai observés à Am Raya et à Fantrassou, dans la partie médiane de ce sillon, prouvent que celui-ci n'a été recouvert que par des eaux lacustres.

4° Le capitaine Freydenberg [42, p. 79], à la suite de Barth et de M. Foureau, considère également le Bahr el Gazal comme la vallée d'un ancien affluent du Tchad.

Son opinion est basée sur plusieurs considérations qui lui paraissent toutes très probantes :

a) Il a d'abord constaté que les puits creusés à 10 kilomètres au nord-est de Massakori « possèdent un courant nettement dirigé vers le Tchad », et, malgré qu'il rappelle l'observation faite par le capitaine Fouque, déclarant que le courant des puits a lieu tantôt vers le Tchad, tantôt en sens inverse, il en conclut que l'écoulement se dirige vers ce lac, et non en sens inverse comme le prétendait Nachtigal. Pour lui, ce qui est vrai, du reste, c'est à la suite d'une crue du Tchad que les eaux de ce lac sont remontées dans le sillon du Bahr el Gazal, en 1870.

b) Dans les crues annuelles auxquelles sont soumis certains puits du Kanem et du Chitati — bien que se produisant à des époques différentes pour chacun d'eux — M. Freydenberg trouve « la preuve la plus convaincante » que les régions du Bodelé et du Borkou sont à des altitudes plus élevées que le niveau du Tchad, car telle est l'origine de la pression qui force « l'eau à s'élever dans les puits et même à se répandre à la surface ».

c) Il considère les débris de roches que le capitaine Mangin lui a rapportés de l'Egueï et du Bodelé comme des cailloux roulés, et il en déduit qu'ils ont été amenés du Tibesti par les affluents du Tchad.

d) Les légendes tédas, recueillies par le commandant Bordeaux [6], rapportant que des cours d'eau circulaient autrefois dans le Djourab, dans le Bodelé, dans l'Egueï, avant de déboucher dans le Bahr el Gazal pour se déverser dans le Tchad, pour lui, sont une autre confirmation de son hypothèse.

e) Enfin, le capitaine Freydenberg pense que les observations barométriques de Nachtigal — faites avec des anéroïdes — tendant à prouver que l'Egueï et le Bodelé sont au-dessous du niveau du Tchad, peuvent bien être entachées d'erreur.

Cet officier admet en effet que le Tchad est un centre de basse pression — fait démontré vrai par les observations de la mission Tilho [98] — et il en conclut que les mesures de Nachtigal « ont été systématiquement faussées par ce centre de basse pression » [42, p. 81].

Nous avons déjà dit que les mesures hypsométriques faites par le lieutenant de vaisseau Audoin et le capitaine Lauzanne, et qui tiennent compte de cet état de basse pression du Tchad, confirment celles de Nachtigal.

Nous avons aussi démontré que l'Egueï, le Toro et le Koro ne sont pas des vallées, qu'ils n'ont pas été parcourus par des cours d'eau, et que les débris de roches qu'on y a trouvés ne sont pas des cailloux roulés.

Quant aux crues périodiques — dont on ne connaît pas la cause

et qui se produisent à des époques différentes pour chacun d'eux — auxquelles sont soumis certains puits du Kanem et du Chitati, alors que le niveau de beaucoup d'autres, ainsi que le constate M. Freydenberg lui-même, reste « sensiblement constant », je ne crois pas qu'il soit possible d'en tirer une conclusion pour ou contre telle ou telle hypothèse.

Comme je l'ai déjà dit, je n'ai vu et étudié le large sillon du Bahr el Gazal que dans sa partie centrale, à côté d'Am Raya et à Fantrassou, c'est-à-dire que sur un faible espace. Dans ces conditions, malgré les renseignements que m'ont donnés le capitaine Vignon, pour sa partie sud-ouest, et le lieutenant Ferrandi, pour sa partie nord-est, je n'ose pas émettre une opinion formelle sur l'origine et sur la fonction de cet énigmatique Bahr el Gazal.

Cependant, avec son allure générale, ici élargi, là rétréci, avec ses berges de sables que les eaux léchaient et contournaient sans les démolir, avec les dépôts argilo-calcaires coquillifères qui en tapissent le fond, et qui sont des dépôts d'eau tranquille, ce sillon ne peut pas être pris pour le lit d'un ancien cours d'eau, tant affluent qu'effluent du Tchad.

Quand le niveau de ce lac était plus élevé — nous avons vu qu'il avait recouvert l'îlot de sable haut de 6 à 7 mètres qui supporte Kouloa — et quand ses eaux avaient envahi les cuvettes du Kanem, du Lilloa, du Chitati, du Manga, et entouraient les monticules de sables de ces régions pour former des archipels, le Bahr el Gazal, selon toute évidence, mettait en communication directe le Tchad avec la nappe liquide qui s'étendait alors sur les pays bas de l'Egueï, du Bodelé et du Djourab.

À cette époque-là, déversait-il le trop-plein du Tchad dans les régions déprimées du nord-est, comme le pensait Nachtigal ? C'est ce qu'il ferait aujourd'hui si le niveau du lac Tchad s'élevait suffisamment.

Mais rien ne prouve que les nombreux cours d'eau qui descendaient autrefois du Tibesti, du Borkou, de l'Ennedi, de Mortcha, et qui débouchaient dans l'ancien lac dont l'Egueï, le Bodelé et le Djourab représentent le fond, ne suffisaient pas à alimenter ce dernier.

Quoi qu'il en soit, le Bahr el Gazal resta longtemps submergé, car les formations sédimentaires coquillifères qui se déposèrent dans ce sillon, et que j'ai vues à Am Raya et à Fantrassou, et dans les cuvettes avoisinantes, sont assez puissantes.

Il est émergé depuis longtemps aussi, car l'érosion éolienne a déjà enlevé ces mêmes formations sur plusieurs mètres d'épaisseur.

14. — Autres régions situées à l'est et au nord-est du Tchad.

Dans ce paragraphe je dirai quelques mots, ainsi que je l'ai déjà fait [48], des régions à peine connues (fig. 65), qui sont situées plus à l'est et au nord-est de celles que nous venons de décrire, en utili-



Fig. 65. — CARTE DES RÉGIONS SITUÉES A L'EST ET AU NORD-EST DU TCHAD.

sant les matériaux et les renseignements que plusieurs officiers en ont rapportés lors des opérations de guerre qu'ils y ont effectuées tout récemment.

Djourab. — Le Djourab, ou Gourgouchi, est situé à l'est du Toro et du Koro et il s'étend jusqu'en avant du Borkou, de l'Ennedi et du Mortcha.

D'après le lieutenant Ferrandi, le Djourab forme une immense région plane où l'eau existe abondamment, parfois à fleur de sol, et où l'akrech (*Vilfa spicata*) constitue de vastes prairies.

Le Bahr el Gazal s'ouvre dans la partie méridionale de ce pays, dans une région appelée Koro-Toro. D'après le lieutenant Ferrandi, ce sillon présente, en cet endroit, le même aspect que dans sa partie centrale à Am Raya et à Fantrassou où je l'ai étudié.

Dans la partie occidentale du Djourab, à Kizimi, le même officier a recueilli une petite faune malacologique très intéressante que M. Germain a déterminée :

Limnæa sp.
Planorbis sudanicus MARTENS
Planorbis Bridouxii BOURGUIGNAT
Physa (Isodora) tchadiensis GERMAIN
Vivipara unicolor OLIVIER
Cleopatra bulimoides OLIVIER
Cleopatra Poutrini GERMAIN
Bythinia (Gabbia) Neumanni MARTENS
Ampullaria ovata OLIVIER
Ampullaria speciosa PHILIPPI
Melania tuberculata MÜLLER
Valvata Tilhoi GERMAIN
Unio (Nodularia) Lacoini GERMAIN
Mutela angustata SOWERBY
Spatha (Leptospatha) Bourguignati ANCEY
Corbicula Audoini GERMAIN.

Toutes ces espèces vivent encore soit dans la région du Tchad, soit dans celle du Nil.

Plus au nord, dans les dépressions qui précèdent le Borkou, le commandant Bordeaux [6] a constaté qu'il existe « parfois des nappes étendues et épaisses d'argile blanche et grise ». Ce sont là, évidemment, des dépôts sédimentaires identiques à ceux de l'Egueï, car le même officier désigne sous le nom « argile blanche et grise » les formations qu'il avait vues à côté d'Hacha.

Les coquilles recueillies à Kizimi, par le lieutenant Ferrandi, et les dépôts sédimentaires signalés en avant du Borkou, par le commandant Bordeaux, témoignent que le Djourab a été autrefois recouvert par les eaux.

L'existence d'anciennes vallées, aujourd'hui sèches, venant de l'Ennedi et du Mortcha et débouchant dans cette région, permet d'arriver aux mêmes conclusions.

Borkou. — C'est encore au lieutenant Ferrandi que nous devons quelques observations intéressantes sur le Borkou. Cet officier a vu la bordure méridionale de ce pays, lors de l'expédition que le capitaine Cellier a dirigée contre Aïn-Galaka, en septembre 1908.

Ce pays, aussi bien vers Aïn-Galaka qu'à Faya, à 80 kilomètres environ à l'est, commence par un grand nombre de petites buttes de grès, de quelques mètres de hauteur, qui émergent au milieu des sables et de petites dunes mobiles. C'est entre ces buttes, dans de légères dépressions, que sont situées les oasis du Borkou, au nombre d'une vingtaine.

Le sol, aux assises gréseuses à peu près horizontales, se relève ensuite insensiblement et forme un plateau que surmontent de nombreuses buttes, de même nature, d'une cinquantaine de mètres.

La constatation de Nachtigal, que les vallées qui sillonnent le Borkou « sont généralement dirigées de l'est à l'ouest », ou, en d'autres termes, débouchent dans la région basse du Djourab, démontre la même chose, à savoir que le pays se relève en allant vers l'est.

C'est à quelques kilomètres au nord de Faya que le lieutenant Ferrandi a trouvé à la surface du sol, mais non en place, quelques blocs de granite porphyroïde.

Ennedi. — Le commandant Bordeaux et le capitaine Cornet ont vu le bord occidental de cette région.

Le premier de ces officiers [6] a constaté que, dans les environs d'Oueyta et de Woï, l'Ennedi est bordé par des monticules de grès dont l'un peut avoir 200 mètres de hauteur, et il dit que le pays « est une vaste région rocheuse ». Le mot Ennedi, du reste, signifie la montagne.

Le capitaine Freydenberg [42, p. 79], d'après les renseignements que lui a fournis son camarade le capitaine Cornet, qui accompagnait le commandant Bordeaux, dit que « l'Ennedi présenterait de hauts plateaux, coupés de vallées à pic », et que « les vallées de l'Ennedi se dirigent vers le Bahr el Gazal », c'est-à-dire débouchent dans le Djourab.

Mortcha. — Le Mortcha, situé au sud de l'Ennedi, entre celui-ci et l'Ouadaï, forme, d'après le lieutenant Ferrandi, un vaste plateau qui se relève en allant vers l'est. Comme le Borkou et l'Ennedi, il est surmonté par des buttes gréseuses, aux assises à peu près horizontales, pouvant avoir de 10 à 20 mètres de hauteur.

De grandes vallées sèches, d'un à trois kilomètres de large et d'une

dizaine de mètres de profondeur, entaillent ce plateau et s'ouvrent vers l'ouest dans le Djourab. Des mares d'hivernage s'établissent dans leurs fonds. Quand elles sont sèches, les indigènes se procurent de l'eau en creusant des puits de deux à huit mètres de profondeur. Celui d'Om-Chalouba donne de l'eau en abondance en toute saison.

Du granite amphibolique constitue le soubassement des formations gréseuses du Mortcha. Cette roche affleure dans le fond et sur les flancs des vallées sur quatre à cinq mètres de hauteur.

Une vaste zone sableuse s'étend en avant du Mortcha, au débouché des vallées qui descendent de ce pays. Ces sables ont été amenés là par les eaux qui coulaient autrefois dans les vallées dont nous venons de parler.

Ouadaï. — La partie septentrionale de l'Ouadaï, dans les environs d'Arada, rappelle le Kanem. Tout comme sur le bord oriental du Tchad, d'après le lieutenant Ferrandi, le pays est constitué par des alternances de dépressions et de monticules de sables, ces derniers pouvant avoir de 60 à 70 mètres de hauteur.

Des roches cristallophylliennes et des roches granitiques affleurent en de nombreux points et sur d'assez vastes espaces dans la partie centrale de l'Ouadaï.

Les premiers documents géologiques rapportés de cette région ont été remis au Laboratoire de Minéralogie du Muséum, par les capitaines Schneegans et Bourreau, M. A. Lacroix a bien voulu m'en confier l'étude.

D'Abécher, la capitale de l'Ouadaï, le capitaine Schneegans a rapporté du granite ordinaire. A trois kilomètres environ, au sud, il a recueilli de la pegmatite.

De Niéry, situé à près de 110 kilomètres à l'est-nord-est d'Abécher, et des environs de Niéry, les capitaines Schneegans et Bourreau ont rapporté des roches variées : du gneiss, du micaschiste, du granite, de la granulite, de la pegmatite, de la diorite, du quartzite, du quartz.

15. — Vue générale sur les régions tchadiennes.

Les dépôts sédimentaires argilo-calcaires, souvent coquillifères, avec restes de Poissons, que j'ai observés à peu près partout dans les parties centrale, orientale, septentrionale et occidentale du bassin du centre africain, prouvent que les eaux d'un plus grand Tchad se sont autrefois étendues sur de vastes espaces.

Le fond du Tchad actuel et tout le sol de ce bassin intérieur sont d'anciens paysages dunaires. Ils ont été recouverts par les eaux, à la suite de je ne sais quelle circonstance, à une époque relativement récente, quaternaire au plus, ainsi qu'en témoigne la faune malacologique que j'y ai recueillie et qu'a étudiée M. Germain.

Cet ancien Tchad était alimenté par les affluents que possède encore le Tchad actuel et par les tributaires, aujourd'hui à sec et dont nous avons déjà parlé, venant des régions, à peine connues, qui se trouvent plus à l'est, le Tibesti, le Borkou, l'Ennedi, le Mortcha.

La nappe liquide qui recouvrait la cuvette au fond de laquelle se trouve le Tchad actuel, et dont le niveau était, pour le moins, d'une dizaine de mètres plus élevé qu'aujourd'hui, communiquait alors, par l'intermédiaire du sillon de Bahr el Gazal, avec la grande dépression qui s'étend sur le Bodelé et le Djourab.

Les eaux occupaient également les cuvettes qui s'ouvrent entre les monticules de sables du Kanem et des pays avoisinants, et ce dernier, selon toute vraisemblance, constituait un véritable archipel, à la manière de ceux du Tchad.

Toutes ces régions tchadiennes restèrent longtemps submergées, car les formations sédimentaires qui s'y déposèrent avaient une assez forte épaisseur, jusqu'à 10 mètres environ.

C'est évidemment à la suite d'une diminution des précipitations atmosphériques que cet immense lac commença à s'assécher. C'est à la même époque et pour les mêmes raisons que les puissants cours d'eau soudanais, de la rive gauche du Niger, cessèrent de couler.

A la suite de la baisse des eaux, deux lacs s'isolèrent dans le bassin du centre africain, l'un constitua le Tchad actuel et l'autre s'étendit sur les régions déprimées du Bodelé et du Djourab. Ce dernier s'assécha définitivement quand ses affluents, venant du Borkou, de l'Ennedi et du Mortcha, cessèrent de l'alimenter.

Par contre, le Tchad subsistera, soit à l'état de lac, soit à l'état de marécage, tant que le Chari, qui vient des régions équatoriales, où il pleut beaucoup, lui amènera des eaux.

Occupant une assez grande surface, sur un fond à peu près plat, ce lac sera soumis à des oscillations de niveau, et par suite à des variations de superficie, suivant les saisons, et aussi suivant la quantité de pluie qui sera tombée chaque année.

Et maintenant, comme certaines personnes le prétendent, et comme une analogie de faune pourrait le faire croire, faut-il penser que les eaux d'un plus grand Tchad se déversaient autrefois dans le Nil? Ce que l'on sait sur la topographie des pays qui séparent le bassin du Tchad de celui du Nil n'autorise pas de le supposer.

Le Tibesti, d'après Nachtigal, constitue un massif montagneux. Le même voyageur a constaté que le sol se relève en allant de la zone déprimée du Bodelé au Borkou, et le lieutenant Ferrandi a observé que ce dernier pays forme un plateau. Le commandant Bordeaux et le capitaine Cornet ont vu que l'Ennedi est un pays montagneux et que des vallées sèches en descendent pour s'ouvrir vers l'ancien Tchad, dans le Djourab. Le lieutenant Ferrandi a constaté que le Mortcha est un plateau et qu'il est sillonné par de larges vallées sèches qui débouchent également dans le Djourab.

Enfin, ce grand bassin intérieur du Tchad, doit-il être considéré, ainsi qu'on l'a déjà fait, comme le reste d'une ancienne mer centre africaine ? Je ne le crois pas, et rien dans nos connaissances sur la géologie de cette région ne permet de le supposer.

Tout le fond de cette vaste dépression représente un paysage dunaire. Cette région était donc émergée quand des eaux douces vinrent l'envahir.

D'autre part, l'existence des mers tertiaires n'a pas encore été démontrée dans le centre de l'Afrique. Les dernières mers qui ont recouvert le Soudan sont des mers du Crétacé supérieur. Nous avons vu qu'elles s'étendaient bien plus à l'ouest et au nord-ouest.

Les lames de gypse rapportées de Bir Kiat, dans la partie moyenne du sillon du Bahr el Gazal, par le capitaine Mangin, et étudiées par le capitaine Freydenberg [40], qui ont été interprétées comme une preuve de l'existence d'une ancienne mer dans cette région, pourraient bien, tout comme les lames et les cristaux de la même substance que j'ai trouvées à Hangara, dans le nord de l'Egueï, s'être formées dans des couches sédimentaires lacustres.

IV. — Résumé sur le bassin intérieur du Tchad.

Du grand bassin intérieur qui existe dans le centre de l'Afrique, le lac Tchad n'en occupe pas la partie la plus basse, celle-ci étant située plus à l'est dans le Bodelé et le Djourab.

Les nombreuses îles de sablès, formant archipel, qui émergent dans le Tchad, sur son bord oriental, et les îlots sous-lacustres qui existent sur le bord occidental, sont d'anciennes dunes, et le lac recouvre un ancien paysage dunaire.

Le Tchad ayant un fond à peu près plat, avec 1 m. 50 d'eau en moyenne et 2 à 3 mètres au maximum, est soumis à des variations de niveau et de superficie assez considérables. A notre passage, en 1908, il occupait le minimum d'étendue qui ait été observée.

A une époque rapprochée, quaternaire au plus, le Tchad a recouvert de vastes espaces de son bassin. Vers l'est et le nord-est, ses eaux allaient jusqu'au Borkou. Au nord et à l'ouest, il a abandonné des dépôts à de grandes distances.

A partir du Tchad (coupe de la pl. II), le sol se relève insensiblement vers l'ouest pour atteindre le Mounio et le Koutous. Vers l'est et le nord-est, il se relève d'abord légèrement pour former le plateau du Kanem, du Lilloa, du Chitati et du Manga, puis, après s'être infléchi doucement pour gagner les régions déprimées de l'Egueï, du Bodelé et du Djourab, il se relève de nouveau pour atteindre le Borkou.

Le soubassement du puissant manteau de sables qui recouvre les vastes régions du bassin tchadien n'affleure qu'en de rares points, principalement sur la bordure sud et sud-est.

Les sables, d'origine dunaire, se présentent encore sous la forme de dunes, plus ou moins démolies par les pluies et par les vents. Dans le Kanem, le Lilloa, le Chitati et le Manga, ces anciennes dunes ont de 60 à 80 mètres de haut au maximum.

De vastes dépressions s'ouvrent entre ces monticules de sables. Dans le Kanem et le Lilloa, elles sont souvent encore reliées les unes aux autres par d'étroits chenaux, plus ou moins ensablés. Par contre, dans le Chitati, le Manga et la région du Bahr el Gazal, elles sont le plus ordinairement isolées les unes des autres et transformées en cuvettes à peu près fermées.

Des formations sédimentaires argilo-calcaires, ordinairement très légères et d'une dizaine de mètres au maximum, existent dans ces cuvettes. Elles y ont été abandonnées par le Tchad lors de sa grande extension.

C'est dans le fond de ces cuvettes ou dépressions que sont creusés les puits. L'eau se trouve toujours au-dessous de ces dépôts, dans les sables dunaires sous-jacents.

Dans les contrées situées plus à l'est, qui sont plus basses que le Tchad, si l'on en excepte quelques petites régions privilégiées, Egueï, Toro, Koro, Djourab, on ne trouve de l'eau nulle part et le pays est presque totalement dépourvu de végétation.

Les eaux d'un plus grand Tchad se sont autrefois très largement étalées sur ces régions déprimées et y ont laissé d'abondants dépôts sédimentaires coquillifères dont les espèces appartiennent à la faune actuelle du Tchad.

Depuis leur assèchement, l'érosion éolienne a très grandement démoli les formations argilo-calcaires et sableuses de ces régions du nord-est du Tchad. Les sables, poussés par les vents, s'accumulent autour des obstacles qu'ils rencontrent et donnent naissance à des dunes.

Le long et large sillon du Bahr el Gazal qui a été considéré tantôt comme un affluent, tantôt comme un effluent du Tchad, avec l'allure générale et les dépôts sédimentaires que j'ai observés dans sa partie centrale, me paraît n'avoir été ni l'un, ni l'autre. C'était probablement un grand chenal qui mettait en communication libre le lac Tchad avec les nappes liquides qui s'étendaient plus à l'est, dans les régions déprimées de l'Egueï, du Bodelé et du Djourab.

En résumé, toutes les régions du bassin du Tchad que j'ai visitées, sont des paysages d'origine dunaire, et elles ont été autrefois recouvertes par une immense nappe d'eau douce dont le lac Tchad actuel n'est plus que le faible résidu.

TROISIÈME PARTIE

PÉTROGRAPHIE ET MINÉRALOGIE

TROISIÈME PARTIE

PÉTROGRAPHIE ET MINÉRALOGIE

A. — PETROGRAPHIE

Dans cette étude pétrographique, j'examinerai les roches des environs de Zinder, celle du massif du Mounio, et celles des pointements de Gamedou et d'Hadjer el Hamis.

Toutes ces roches, à l'exception de celles qui affleurent à l'est de Zinder, entre les buttes et les trainées de buttes des massifs quartziteux d'Alberkaram et d'Illéla, sont caractérisées par leur richesse en alcalis et leur pauvreté en chaux et en magnésie. Elles définissent une province pétrographique très nette dans le centre de l'Afrique, sur laquelle M. A. Lacroix [66] et M. Gentil [51] ont attiré déjà l'attention des géologues.

I. — Roches de la région de Zinder.

Dans un chapitre précédent, nous avons déjà énuméré les roches que l'on rencontre dans la région de Zinder et parlé de leur distribution géographique (voir p. 73 et suiv.).

Considérées au point de vue chimique, elles se classent dans deux séries distinctes, l'une constituée par des roches granitiques alcalines, d'un intérêt scientifique tout particulier, l'autre formée par des roches granitiques calco-alcalines d'un caractère banal.

Au point de vue de leur distribution géographique, ces deux séries

de roches sont très nettement séparées l'une de l'autre. Les roches alcalines existent à Zinder même et à l'ouest de cette ville ; quant à celles de la série calco-alcalines elles n'affleurent qu'à l'est de Zinder.

1. — Série des roches calco-alcalines.

Les roches granitiques de la région de Zinder appartenant à cette série s'observent toutes à l'est de cette ville, à partir d'une faible distance du méridien qui passe par cette dernière.

Ces roches, comme nous l'avons déjà vu, n'occupent pas de grands espaces et ne forment pas de gros massifs. Elles affleurent toutes au milieu des sables, entre les buttes et les traînées de buttes des massifs quartziteux d'Alberkaram et d'Illéla, dont elles forment le substratum.

Examinons-les rapidement.

Granite de Dakoussa. — Le granite de Dakoussa est à grain moyen, de couleur rose clair sur laquelle se détachent des plages noirâtres de biotite.

Les cristaux de quartz sont parfois fendillés et possèdent une extinction un peu roulante, preuve que la roche a subi des actions dynamiques.

Le microcline forme presque tout le feldspath. Le reste est représenté par de l'oligoclase-andésine. Certains de ces feldspaths englobent pœcilitiquement sur leurs bords, des grains de quartz diversement orientés.

La biotite est peu abondante ; elle est souvent accompagnée par de la magnétite en petits grains noir foncé. Quelques fois, cette dernière se présente en plages.

D'assez nombreux cristaux de sphène, parfois assez gros, sont à signaler. Certains d'entre eux sont associés à des cristaux de magnétite ; d'autres sont accolés au mica, ou à ces deux minéraux ; enfin, quelques-uns, les plus petits, sont englobés dans les feldspaths.

De nombreuses petites lamelles de damourite sont répandues dans les feldspaths.

Enfin, il me reste à signaler quelques lamelles pléochroïques, peu biréfringentes, de pennine.

Granite des environs de Zermo. — 1° Dans la butte la plus rapprochée de Zermo, le granite est formé par du quartz, du microcline, de l'oligoclase, de la biotite, de la hornblende verte, du sphène et de la magnétite.

Le quartz, qui est sans forme nette, est fissuré et possède des extinctions roulantes.

Le microcline et l'oligoclase, à peu près aussi abondants l'un que l'autre, forment de grands cristaux, qui englobent parfois du sphène.

Les grandes lamelles déchiquetées de biotite englobent de petits cristaux de quartz et d'apatite et enveloppent souvent de la magnétite, des plages de sphène et des cristaux d'apatite.

La hornblende verte, un peu moins abondante que la biotite, se présente aussi en grands cristaux. Le sphène forme de grandes plages, souvent incluses dans les cristaux d'hornblende, de mica et de feldspath ; il est accompagné par quelques cristaux assez gros de zircon.

Enfin, de petites lamelles de damourite sont disséminées dans les feldspaths.

2° Le granite constituant la butte qui est à 6 kilomètres environ à l'est de Zermo, est formé par du quartz, de l'oligoclase-andésine, de la biotite, de la hornblende verte, du sphène et de l'épidote.

Le quartz, à structure granitique, possède des extinctions un peu roulantes.

La biotite, en grands cristaux déchiquetés, est très abondante. Elle englobe souvent de petits cristaux de zircon. Certaines lames, de couleur jaune pâle, sont presque uniaxes. Elle est souvent accompagnée par quelques cristaux d'amphibole verte et par de la magnétite.

Du sphène en grains, ou en plages assez étendues, existe à côté du mica et de l'amphibole ; parfois, il est englobé par ceux-ci.

Ce granite renferme encore de l'épidote, parfois libre ou englobée dans la biotite, et quelques grains de zircon.

Enfin, j'ai observé un beau cristal zoné d'allanite, entouré d'épidote.

Par son aspect et par sa richesse en sphène, le granite de cette deuxième butte se rapproche de celui que nous venons de décrire, mais il en diffère par l'absence du microcline.

Granite à microcline d'Illéla. — Ce granite est à grains fins et de structure granulitique. Son quartz forme des grains arrondis, et présente des extinctions roulantes.

Le microcline, à structure quadrillée, est très abondant ; assez souvent, il est maculé suivant la loi de Carlsbad. Il englobe des grains arrondis de quartz et parfois de petits bâtonnets d'apatite.

L'orthose existe aussi quelquefois, avec la macle de Carlsbad.

De grands cristaux déchiquetés de biotite abondent et englobent de petits cristaux de zircon et d'apatite. Ce mica noir est accompagné par des lamelles de muscovite ayant une origine secondaire.

Enfin, quelques cristaux de fluorine, quelques grains arrondis de sphène, fendillés et très réfringents, et un petit nombre de cristaux de zircon, entourés dans la biotite d'une auréole polychroïque, complètent la roche.

Granite à microcline de Dadori. — Le granite de Dadori est une roche à grain fin.

Cette roche a, comme éléments essentiels, du quartz, du microcline, de l'andésine-oligoclase et de la biotite. Elle possède, en outre, comme éléments accessoires, quelques petits cristaux de sphène, du zircon, un peu de magnétite, et de nombreuses paillettes de muscovite d'origine secondaire.

Les cristaux de quartz sont très irréguliers ; ils sont tous fendillés et ils présentent des extinctions légèrement roulantes.

Le microcline, en cristaux ordinairement petits, abonde ; il présente parfois la macle de Carlsbad et possède toujours des facules d'albite. Il est accompagné par de l'andésine-oligoclase en cristaux assez abondants et quelquefois maclés suivant la loi de Carlsbad.

Le microcline et le plagioclase englobent presque toujours poëcilliquement des grains arrondis de quartz qui s'éteignent séparément. Il existe aussi çà et là des associations micropegmatiques.

La biotite forme de grands cristaux fortement pléochroïques. Elle renferme des inclusions de zircon, reconnaissables à l'auréole brun foncé qui les entoure, et de petits cristaux d'apatite.

Certains cristaux de biotite, comme ceux de quartz, ont subi des actions mécaniques.

A citer enfin un peu de sphène et des minéraux secondaires : muscovite, magnétite dans biotite.

M. Pisani a fait l'analyse chimique de ce granite :

TiO ²	SiO ²	Al ² O ³	Fe ² O ³	FeO	CaO	MgO	K ² O	Na ² O	p. f.	Total
0.38	72.80	13.20	1.10	1.08	2.07	1.27	4.87	3.22	0.50	= 100.49

D'après la classification chimico-minéralogique des Américains, ce granite est une *tehamose* : 1. 3. 2. 3.

Les paramètres magmatiques de M. Michel-Lévy sont :

$\Phi = 3.60$	granito-dioritique,
$\Psi = 1.71$	magnésien,
$u = 1.05$	mésocalcique,
$r = 1.51$	mégapotassique.

Ce granite de Dadori est un type banal, sans caractères particuliers.

Aplite de Kamsoua. — Cette roche est presque entièrement constituée par des feldspaths (oligoclase-andésine et microcline) et du quartz localement groupés en micropegmatite. Du quartz spongieux, d'origine secondaire, s'observe aussi dans la roche.

La roche a subi des actions dynamiques (extinctions roulantes et structure cataclastique).

Gneiss à pyroxène de Kandari. — Le gneiss à pyroxène, qui s'étend sur un assez grand espace à Kandari, à 6 ou 7 kilomètres au sud-est de Zinder, est une roche à grain fin, à cassure esquilleuse, sans trace de schistosité ni de rubannement ; elle est mouchetée de taches vertes.

Au microscope, elle se montre constituée par de petits éléments ordinairement arrondis, et ayant à peu près tous les mêmes dimensions.

Les grains de quartz sont moins abondants que ceux de feldspath. Ces derniers appartiennent à l'andésine-oligoclase.

Les cristaux de pyroxène, associés à de la magnétite, sont assez nombreux et sont à peine pléochroïques.

Certaines parties de la roche sont riches en cristaux de sphène, parfois assez gros.

Le sommet de la butte qui s'élève au sud de Kandari est formé par une roche blanchâtre, à grain également fin, constituant probablement une veine au milieu du gneiss à pyroxène décrit ci-dessus.

Vue au microscope, cette roche a la structure d'une aplite possédant localement la structure micropegmatique. Le feldspath est de l'orthose. A signaler enfin un peu de sphène, de magnétite, d'hématite et de muscovite.

2. — Série des roches alcalines.

Les roches alcalines de la région de Zinder forment le massif cristallin qui supporte cette ville et qui s'étend à l'ouest de celle-ci, sur près de 30 kilomètres de long et sur une dizaine de kilomètres de large.

La partie orientale de ce massif est formée par du granite à ægyrine et à amphibole alcaline ; sa partie centrale est constituée par un microgranite ; et sa partie occidentale, autour de Dambéda, est formée par du granite identique à celui de Zinder même.

Rappelons que c'est à côté de Zinder que j'ai découvert, au milieu du granite, un petit filon de *grorudite*, roche nouvelle pour le centre africain.

Disons aussi que M. Foureau avait recueilli, à peu près dans le même endroit, le trachyte que M. Gentil a décrit.

Cet affleurement de roches alcalines de Zinder est très nettement délimité et complètement isolé.

Vers l'est, à quelques kilomètres seulement de la ville, les roches cristallines qui se montrent en plusieurs points et que nous avons déjà décrites, sont ou du granite ordinaire, ou de l'aplite, ou du gneiss à pyroxène. De ce côté, c'est donc suivant un méridien passant près de Zinder que les roches alcalines s'arrêtent brusquement pour faire place à des roches granitiques ordinaires. Les sables ne m'ont pas permis de voir les relations de contact qui peuvent exister entre elles.

A une centaine de kilomètres au sud et au sud-ouest de Zinder, dans le Katséna et le Zamfara, où se trouvent des roches cristallines, ce sont encore des roches granitiques calco-alcalines.

Vers l'ouest, il faut aller sur les bords du Niger, à plus de 900 kilomètres, pour rencontrer d'autres roches cristallines qui sont encore des granites calco-alcalines.

Enfin, vers le nord, il n'a pas encore été signalé de roches cristallines avant l'Air qui est à une distance de 350 kilomètres environ.

Granite à ægyrine et amphibole sodique de Zinder. —

A l'œil nu, on distingue dans le granite de Zinder des grains de quartz gris vitreux, des feldspaths blanchâtres et des amphiboles noires; ces dernières sont peu abondantes.

M. Gentil [51] a étudié ce granite avec les autres matériaux rapportés par la mission Foureau, et en a donné une description détaillée. Comme éléments, il a observé de l'orthose, de l'anorthose, du quartz, de la riebeckite et un peu d'ægyrine, et il a remarqué que les deux feldspaths possèdent les macles de Carlsbad et de Baveno et qu'ils sont faculés d'albite, formant avec cette dernière une microperthite.

Dans mes échantillons, qui proviennent du point culminant, à l'extrémité septentrionale du fort Cazemajou, en outre des éléments signalés par M. Gentil, j'ai observé de l'albite en cristaux indépendants, souvent orientés sur les feldspaths précédents, et un peu de zircon. L'amphibole est en partie pœcilitique par rapport au feldspath. Le quartz est parfois pegmatique par rapport aux feldspaths.

L'amphibole n'est pas de la riebeckite typique : elle possède, suivant l'axe le plus rapproché de l'axe vertical, non pas la couleur bleu vert habituelle, mais une teinte d'un vert bleu très particulière; l'angle d'extinction est cependant trop petit pour que l'on puisse en faire une arfvedsonite.

Mon camarade de laboratoire, M. Stoyanoff, a bien voulu en faire l'analyse suivante :

SiO ²	TiO ²	Al ² O ³	Fe ² O ³	FeO	MgO	CaO	Na ² O	p.f.	Total
46.33	3.00	1.12	13.35	24.48	0.78	4.36	6.16	0.40	= 99.98

Ces résultats donnent, pour l'état d'oxydation du fer, des nombres intermédiaires entre ceux qui caractérisent respectivement la riebeckite et l'arfvedsonite. La teneur en chaux se rapproche de celle de cette dernière amphibole. Enfin, le pourcentage en acide titanique est très élevé. Ces particularités chimiques sont suffisantes pour expliquer les différences de propriétés optiques indiquées plus haut.

L'analyse **a** de ce granite a été faite par M. Pisani [*in* 52] : on peut la comparer à celle de la paisanite (microgranite à ægyrine) **b** du Mosquez-Canyon (Apache Montains), par M. Osann (1), et à celle **c** du Mount Scholoda (Abyssinie), par M. Prior (2).

	a	b	c
SiO ²	73.55	73.35	76.01
Al ² O ³	12.20	14.38	11.96
Fe ² O ³	2.75	1.96	2.06
FeO	0.26	0.34	n. d.
MgO	0.90	0.09	trace
CaO	1.08	0.26	0.26
Na ² O	3.74	4.33	4.46
K ² O	4.90	5.66	4.73
TiO ²	0.18	»	»
Perte au feu	0.63	»	0.28
	<u>100.19</u>	<u>100.37</u>	<u>99.76</u>

La composition virtuelle est la suivante :

Quartz.....		30.24	
Feldspaths.....	{ orthose..... 28.91 albite..... 31.44 anorthite.... 2.22 }	62.57	{ 92.81
Métasilicates. ...	{ SiO ³ Ca 1.39 SiO ³ Mg..... 2.20 }	3.59	{
Minerais.....	{ ilménite.... 0.46 magnétite... 0.23 hématite.... 2.56 }	3.25	{ 6.84

Dans la classification chimico-minéralogique, elle correspond à la *liparose* I. 4. 1, 3.

(1) Tschermak's Min. und Petr. Mittheilungen, XV, p. 439, Wien, 1895.

(2) Min. Mag. XII, p. 264, 1900.

Les paramètres magmatiques de M. Michel-Lévy sont les suivants :

$\Phi = 3.40$	alcalino-granitique,
$\Psi = 3.34$	ferro-magnésien,
$u = 2.78$	microcalcique,
$r = 1.31$	mégapotassique.

L'état d'oxydation du fer explique l'existence de l'ægyrine et la nature de l'amphibole qui contient de la chaux et de la magnésie.

Granite à ægyrine et à amphibole sodique de Dambéda. — Le granite de Dambéda a déjà été étudié par M. Freydenberg [42], qui y a signalé du quartz abondant, de l'orthose et de l'anorthose faculés d'albite, de grands cristaux de riebeckite et quelques cristaux d'ægyrine.

Dans les échantillons de cette roche que j'ai recueillis, le grain est moyen et la couleur légèrement grisâtre. On distingue à l'œil, ou à la loupe, des grains de quartz gris, des feldspaths d'un blanc pâle, à éclat nacré, et des plages noires d'amphibole, de pyroxène et de magnétite.

Le quartz, assez abondant, est en partie enveloppé par les feldspaths ; il présente parfois des formes nettes, attestant une tendance à la structure pegmatique.

L'orthose forme de grands cristaux, souvent simples, parfois maclés suivant la loi de Carlsbad ; elle possède toujours des facules d'albite.

Comme dans les roches précédentes, les éléments colorés, ægyrine d'un vert foncé, et amphibole sodique, sont en partie pœcilitiques par rapport aux éléments blancs, et en partie, mais plus rarement, englobés par eux.

L'amphibole n'est pas de la riebeckite, mais une amphibole très dispersive du groupe de celle qui va être décrite un peu plus loin dans le granite constituant la butte entre Dirikoa et Mia.

A signaler enfin un peu de magnétite et de zircon.

Ce granite ne diffère guère de celui de Zinder que par la nature de son amphibole.

Microgranite à ægyrine des environs de Tirmini. — Le microgranite de Tirmini est à grain fin. Des cristaux d'orthose, aux contours peu nets mais de couleur blanc rosâtre, tranchent très visiblement sur le fond un peu grisâtre de la roche. Ils sont faculés par

de l'albite formant des veinules ou plages très irrégulières. Fréquemment, ils englobent pœcilitiquement sur leur pourtour de petits cristaux de quartz arrondis. Les phénocristaux de quartz ne sont pas abondants. Ils sont souvent groupés en petit nombre, et alors enchevêtrés les uns dans les autres.

L'ægyrine forme de grandes plages déchiquetées ; elle est un peu plus abondante que l'amphibole. La roche renferme aussi quelques petits cristaux de zircon.

La pâte, qui est microgrenue, forme la plus grande partie de la roche. Elle est constituée par des grains de quartz et de feldspath. Elle renferme aussi des cristaux aciculaires d'ægyrine et d'amphibole sodique. Du quartz spongieux, probablement d'origine secondaire, est assez abondant.

Ce microgranite a subi des actions dynamiques, car les cristaux de quartz présentent sous le microscope des extinctions roulantes.

Grorudite. — La grorudite de Zinder est une roche filonienne. Comme je l'ai déjà dit, le seul filon observé mesure environ 30 mètres de long et 10 centimètres d'épaisseur.

Elle est compacte. Sa couleur vert foncé ou bleu foncé la fait apparaître très distinctement au milieu du granite qu'elle traverse.

À l'œil nu, ou à la loupe, on ne voit que quelques phénocristaux de feldspath disséminés dans une pâte finement cristalline.

Les phénocristaux de feldspath appartiennent à l'orthose sodique ou à l'anorthose ; ils sont faculés d'albite en bandes ou plages peu régulières.

La pâte est formée par de fines aiguilles d'ægyrine, des microlites aplatis d'orthose englobés par des plages globuleuses de quartz.

Les microlites d'ægyrine sont un peu orientés. Ils sont bien caractérisés par leur couleur vert clair, leur extinction à 5° environ de leur direction d'allongement, leur pléochroïsme et leur haute biréfringence.

L'analyse chimique de cette roche, faite par M. Pisani, a donné la composition centésimale **a**, que l'on peut comparer à celle **b**, d'une rhyolite de Fort-David (Apache Mountains), décrite par M. Osann (1)

(1) Op. cit. 447.

et trouvée dans la même région que la païsanite, que j'ai comparée plus haut au granite de Zinder.

	a	b
SiO ²	69.50	71.10.
Al ² O ³	10.82	11.39
Fe ² O ³	4.78	5.43
FeO	2.07	»
MgO	0.50	1.54
CaO	0.78	0.08
Na ² O	5.70	3.95
K ² O	4.05	6.37
TiO ²	0.22	0.57
P ² O ⁵	»	0.05
Perte au feu	<u>1.20</u>	<u>0.44</u>
	99.62	100.82

La différence existant entre ces deux analyses est due surtout à la prédominance pondérale de la soude sur la potasse, dans la grorudite de Zinder et dans une teneur moindre en magnésie et supérieure en chaux.

La composition virtuelle de cette grorudite de Zinder est la suivante :

Quartz.....		21.33	
Feldspaths.....	{ orthose..... 23.91 {	56.92	{ 78.25
	{ albite..... 33.01 {		
Métasilicates....	{ acmite..... 13.40 {	19.45	{ 20.14
	{ SiO ³ Ca..... 1.63 {		
	{ SiO ³ Mg..... 1.25 {		
	{ SiO ³ Fe..... 3.17 {		
Minerais.....	{ ilménite..... 0.46 {	0.69	{
	{ magnétite.. .. 0.23 {		

Cette composition minéralogique virtuelle correspond sensiblement à la composition réelle.

Dans la classification chimico-minéralogique américaine, cette roche est de la *grorudose* II. 4. 1. 3.

Les paramètres magmatiques de M. Michel-Lévy sont les suivants :

Φ = 2.35	syénitique,
Ψ = 13.70	ferrique,
u = 9.78	microcalcique,
r = 0.71	mésopotassique.

Trachyte quartzifère. — Le trachyte quartzifère, qui a été recueilli par M. Foureau dans une carrière située à côté de Zinder, et qui a été étudié par M. Gentil [51], paraît avoir été un trachyte à ægyrine. D'après ce dernier géologue, c'est une roche très décomposée, dans laquelle on ne distingue avec certitude que les phénocristaux d'orthose, dont les métaşilicates sont transformés en limonite, et où il existe en abondance du quartz d'origine secondaire, qui s'est substitué au feldspath.

Peut-être cette roche est-elle un type très altéré de la roche précédente, ayant eu originellement une teneur moindre en ægyrine.

II. — Roches du Mounio.

Considérations générales. — Les roches qui constituent le massif cristallin du Mounio, ainsi que nous l'avons déjà dit, sont alcalines. Cette composition spéciale se traduit, au point de vue minéralogique, comme dans les roches précédentes, par la présence de l'agyrine et d'amphiboles sodiques variées.

Les roches du Mounio appartiennent à des granites, à des microgranites et à des rhyolites.

Les *granites*, qui sont ordinairement à grands éléments, occupent des parties basses où l'érosion les a mis à nu ; ils affleurent partout à des altitudes plus faibles que les microgranites et les rhyolites.

Les *microgranites*, dont les éléments sont en partie microscopiques, sont des roches plus superficielles ou périphériques ; ils forment principalement des massifs.

Les *rhyolites*, dont la pâte est souvent vitreuse, se présentent sous la forme de petits pointements ou sous celle de petits massifs. Leur structure est celle des roches d'épanchement, mais nulle part je n'ai observé d'appareil volcanique, ni de tufs de projections. En plusieurs endroits, à leur surface, elles possèdent une structure bréchi-forme qui est peut-être le reste de la carapace d'un dôme. Malheureusement, l'état de silicification de ces roches ne permet pas de pousser plus loin cette comparaison.

En tous cas, elles se sont fait jour à travers les microgranites, car elles en englobent des petits fragments. Mais, malgré toutes mes recherches, il m'a été impossible de trouver les contacts immédiats entre les rhyolites, les granites et les microgranites.

Ce massif cristallin du Mounio, tout comme celui de Zinder, est très bien défini. Vers l'est, à côté de Gouré, nous avons vu qu'il est en relation avec des roches schisto-cristallines d'origine métamorphique. Au nord, entre le Mounio et le Koutous, j'ai signalé des micaschistes, associés à des orthogneiss, et des granites calco-alcalins. A l'ouest, nous avons vu qu'il est séparé des roches alcalines de Zinder par des granites du même type que le précédent. Vers le sud, c'est encore un granite alcalin qui forme le petit massif de Machéna ;

mais pour les régions plus éloignées, je n'ai pu recueillir aucune indication.

Enfin, rappelons que j'ai montré [46] que presque tout le Mounio est constitué par des microgranites, que les granites alcalins s'étendent sur d'assez vastes espaces, mais seulement dans les environs de Dirikoa et de Tchitchiga, et que les rhyolites, en outre de Gabana, se trouvent en plusieurs autres points.

Granites. — Les granites du Mounio présentent entre eux un air de famille remarquable. J'en ai recueilli à Diamotto, au sud-est de Dirikoa, entre Dirikoa et Yamia, dans une butte à 6 kilomètres à l'est de Gamago, à Tchitchiga, et entre ce village et Lékariri.

Ce sont des roches à grain moyen, tantôt très riches (Diamotto, Gamago), tantôt pauvres (Tchitchiga) en quartz, ayant une grande tendance à prendre des formes propres et à se grouper en pégmatisation dans les feldspaths alcalins (orthose faculée d'orthose sodique ou d'albite finement maclées).

Ces granites diffèrent les uns des autres par la nature de leurs éléments colorés, qui sont en partie pœcilitiques, par rapport aux éléments blancs. Il existe toujours un peu de zircon.

Dans la roche de Gamago, les éléments colorés sont constitués par une biotite d'un brun rouge foncé très pléochroïque et une amphibole bleue (riebeckite) peu abondante.

Le granite de Tchitchiga paraît moins riche en quartz ; il contient de l'albite et de l'anorthose ; l'amphibole, d'un vert bleu, rappelle celle de Zinder ; la roche contient beaucoup d'apatite. Le quartz paraît être en partie formé, par voie secondaire, dans des cavités miarolitiques ; il renferme de petites aiguilles d'une amphibole bleue.

Entre Lékariri et Tchitchiga, le granite renferme de la magnétite, beaucoup de zircon et un peu de fluorine ; l'élément coloré dominant est de l'ægryrine. La structure pegmatique est localement très développée.

Le granite de Diamotto renferme à peu près en égale proportion de l'ægryrine et une amphibole d'un vert bleu très analogue à celle de Zinder.

Enfin, le plus remarquable de tous ces granites est celui qui forme la butte isolée entre Dirikoa et Mia. L'ægryrine y est associée à une amphibole qu'elle entoure souvent.

Cette amphibole possède les propriétés optiques suivantes :

L'angle d'extinction maximum paraît voisin de 15° dans la zone d'allongement, mais cette mesure manque de précision à cause de la

grande dispersion. Les sections perpendiculaires à la bissectrice aiguë négative sont presque monoréfringentes. L'angle des axes optiques est très faible et le plan des axes optiques est perpendiculaire à g^1 pour la lumière blanche. Le pléochroïsme est très intense et se fait dans les teintes suivantes :

n_g = brun châtaigne,

n_m = jaune vert,

n_p = jaune brunâtre.

$n_g > n_m > n_p$

Cette amphibole se transforme par les bords et le long des lames de clivages en une riebeckite bleue, qui forme aussi des prolongements dentelés aux grands cristaux anciens.

M. A. Lacroix (1) compare cette amphibole à quelques-unes de celles qu'il a rencontrées dans les granites et les syénites alcalins d'Ampasibitika à Madagascar ; elle doit être sans doute rapprochée de l'*anophorite*.

Voici l'analyse de ces granites par M. Pisani :

a, butte à l'est de Gamago ; **b**, Diamotto ; **c**, butte isolée entre Dirikoa et Mia :

	a	b	c
SiO ²	78.00	72.10	71.90
Al ² O ³	10.58	11.62	11.38
Fe ² O ³	0.41	3.37	1.92
FeO	1.34	2.68	2.34
MgO	0.26	0.41	0.52
CaO	0.19	1.08	1.31
Na ² O	4.15	3.57	5.75
K ² O	4.45	4.85	4.56
TiO ²	traces	0.47	0.39
Perte au feu	»	0.55	0.20
	99.38	100.70	100.27

(1) A. LACROIX. — Minéralogie de la France et de ses colonies, t. IV, p. 793, Paris, Baudry, 1910.

a. Le granite formant le pointement qui est à l'est de Gamago a la composition virtuelle suivante :

Quartz.....		37.74		
Feldspaths.....	{ orthose.....	26.13	{	93.74
	{ albite.....	29.87	{	
Métsilicates....	{ acmite.....	1.39	{	5.66
	{ SiO^3Na^2	0.85	{	
	{ SiO^3Mg	0.60	{	
	{ SiO^3Ca	0.44	{	
	{ SiO^3Fe	2.38	{	

Il correspond à l'*alaskose* I. 3. 1. 3.

Les paramètres magmatiques de M. Michel-Lévy sont :

$\Phi = 3.54$	granito-dioritique,
$\Psi = 6.73$	ferrique,
$u = 9.20$	microcalcique,
$r = 1.007$	mégapotassique.

b. Le granite de Diamotto a la composition virtuelle suivante :

Quartz.....		30.42		
Feldspaths.....	{ orthose.	28.36	{	90.32
	{ albite.....	29.87	{	
	{ anorthite....	1.67	{	
Métsilicates....	{ SiO^3Fe	1.32	{	9.72
	{ SiO^3Ca	1.62	{	
	{ SiO^3Mg	1.00	{	
Minerais.	{ ilménite.....	0.91	{	5.78
	{ magnétite...	4.87	{	

Il correspond à la *liparose* I. 4. 1. 3.

Les paramètres magmatiques de M. Michel-Lévy sont :

$\Phi = 3.49$	granito-dioritique,
$\Psi = 14.75$	ferrique,
$u = 5.60$	microcalcique,
$r = 1.36$	mégapotassique.

c. La composition virtuelle du granite formant la butte qui est située entre Dirikoa et Mia est la suivante :

Quartz.....	23.91	}	60 23	}	84.14
Feldspaths.	orthosc..... 26.96 albite..... 33.27				
Métasilicates.....	acmite..... 5.54	}	15.16	}	15.92
	SiO ³ Fe 3.56				
	SiO ³ Mg..... 1.30				
	SiO ³ Ca..... 2.63				
Minéral.....	SiO ³ Na ² 2.13	}	0.76	}	
	ilménite.....				

Elle correspond à la *gorudose* II. 4. 1. 3.

Les paramètres magmatiques de M. Michel-Lévy sont :

$\Phi = 2.57$	syénitique,
$\Psi = 8.19$	ferrique,
$u = 3.25$	microcalcique.
$r = 0.79$	mésopotassique.

On voit que ces granites offrent entre eux la plus grande analogie.

S'ils ne se rangent pas tous dans le même groupe de la classification américaine, c'est qu'ils se trouvent près de la limite. Le rang et le subrang sont les mêmes. Un peu moins de quartz entraînerait **a** dans le quatrième ordre, alors qu'il est dans le troisième (l'ordre est déterminé par le rapport du quartz et du feldspath).

On pourrait, à la rigueur, mettre **b** et **c** dans la même classe, le rapport des éléments colorés aux éléments blancs, qui la détermine, ayant ici des valeurs très voisines.

En réalité, c'est le type *liparose* qui paraît être le type moyen. C'est celui auquel appartient le granite de Zinder.

Microgranites. — Dans la note qu'il a consacrée à l'étude des microgranites de Gouré, M. A. Lacroix [66] a distingué deux types dans ces roches.

Le premier est caractérisé par de nombreux phénocristaux de quartz et de feldspath englobés dans une pâte quartzo-feldspathique; il possède en outre de l'ægryrine et une amphibole sodique qui forment de petites plages irrégulières englobant les éléments de la pâte.

Dans le deuxième type, les phénocristaux de quartz et de feldspath sont rares; c'est la pâte qui domine. L'ægryrine et l'amphibole

sodique ont l'apparence de phénocristaux qui englobent pœcilitiquement les éléments de la pâte.

J'ai étudié, au Laboratoire de minéralogie du Muséum, le grand nombre d'échantillons des microgranites que j'ai recueillis non seulement à Gouré, mais un peu partout dans tout le Mounio. Toutes ces roches rentrent dans les deux types qui viennent d'être cités.

1^{er} type. — Dans le premier type, les phénocristaux de quartz sont bipyramidés, assez irréguliers et corrodés. Certains d'entre eux, englobent pœcilitiquement sur leurs bords, de petits cristaux arrondis de quartz et de feldspath et parfois d'amphibole de la pâte; ils sont donc comparables au quartz auréolé de certains microgranites et de beaucoup de rhyolites.

Les phénocristaux de feldspath, qui n'ont souvent pas de contours géométriques nets, sont abondants et appartiennent à l'orthose. Leurs bords sont quelquefois frangés, mais rarement corrodés. Ils sont souvent simples; parfois ils sont maclés suivant la loi de Carlsbad. Rarement ils ont une structure uniforme, et plus souvent ils sont sillonnés de facules d'albite en traînées plus ou moins rectilignes. Beaucoup d'entre eux ont un noyau central uniforme avec une bordure d'accroissement formée d'albite qui englobe pœcilitiquement de petits quartz arrondis; quelquefois ils sont entièrement pœcilitiques et la roche, dans ce cas, a une tendance à la structure micropœcilitique.

Les cristaux d'ægyrine, caractérisés par leur pléochroïsme intense, vert clair, leur allongement négatif et leur angle d'extinction voisin de 5° dans les zones d'allongement, sont très déchiquetés et ne représentent le plus souvent que des squelettes de cristaux; ils englobent parfois pœcilitiquement de petits grains de quartz. Cette ægyrine est parfois accompagnée par de l'ægrynaugite qui, dans g^1 , s'éteint à 60° environ des lignes de clivage.

La pâte, peu abondante, est formée par des grains de quartz et d'orthose; elle est parfois tachetée en vert foncé par de l'ægyrine. Souvent elle possède des plages à éléments plus fins ou au contraire à grains plus gros; et dans ce dernier cas, la roche passe au granite.

J'ai observé des lamelles d'albite, suivant g^1 , simulant des microlites: leur présence établit une transition à des roches microlitiques.

2^e type. — Dans le deuxième type, la roche est compacte avec taches vertes, et phénocristaux rares.

Les cristaux de quartz bipyramidé sont corrodés, et ne sont que rarement auréolés.

Les feldspaths, à bords relativement nets, ne sont presque jamais corrodés et appartiennent à l'orthose. Ils sont simples ou maclés suivant la loi de Carlsbad. Ils sont en général homogènes et les facules d'albite y sont peu fréquentes. Très rarement ils sont entourés d'une bordure pœcilitique, et, dans ce cas, les caractères généraux de la roche sont intermédiaires entre ceux des deux types structuraux normaux.

L'ægyrine forme de grands cristaux aux contours souvent vagues, plus rarement nets. Elle est pœcilitique par rapport aux éléments de la pâte. L'ægyrinaugite est rare. De petits grains noirs d'ænigmatite, et de petites plages ou paillettes de limonite secondaire s'observent çà et là.

C'est dans ce type de roche que se rencontre un minéral que M. A. Lacroix a signalé déjà et qui ne peut être rapporté à aucune espèce connue. Il se présente sous forme de cristaux cristallitiques quadratiques (1) uniaxes, négatifs, plus réfringents que le quartz et plus biréfringents ($n_g - n_p = 0.015$ environ). La structure pœcilitique, qui lui fait englober un grand nombre de grains de quartz, ne m'a pas permis de l'isoler.

La pâte est très finement grenue, et le quartz et le feldspath qui la constituent ne sont pas toujours faciles à distinguer. La cristallinité varie avec les échantillons; dans certains cas, elle est très réduite, et la roche évolue vers la rhyolite; dans d'autres cas, elle est à éléments un peu plus gros et passe au premier type.

J'ai observé parfois, dans les microgranites de ce type, des traînées plus cristallines à structure micropegmatique simulant des filonnets; c'est là surtout que se trouve le minéral de nature indéterminée dont il vient d'être question.

Les deux types de microgranite, que nous venons de décrire, passent de l'un à l'autre. Ils sont définis par leur structure, et non par leur composition chimique, qui est identique.

Dans une préparation de microgranite recueilli au sud de Gouré, j'ai observé une enclave lamprophyrique très riche en biotite.

(1) A. LACROIX. — Minéralogie de la France et de ses colonies, t. IV, p. 794, Paris, Baudry, 1910.

Les analyses suivantes ont été faites par M. Pisani sur les microgranites que j'ai recueillis à 2 ou 3 kilomètres à l'ouest et au nord-ouest de Gouré :

	a	b	c
SiO ²	76.20	75.10	76.00
Al ² O ³	10.50	9.84	9.85
Fe ² O ³	2.10	2.76	1.49
FeO	1.98	1.76	2.35
MgO	0.13	0.54	0.19
CaO	0.65	0.50	0.61
Na ² O	4.58	4.44	4.69
K ² O	4.32	4.49	4.25
TiO ²	0.20	0.18	0.19
Perte au feu.	»	0.50	»
	100.66	100.11	99.62

La composition virtuelle du microgranite **a** est la suivante :

Quartz		34.14	{	89.59
Feldspaths	{ orthose 25.58 albite 29.87	55.45		
	{ acmite 6.01			
Métasilicates.	{ SiO ³ Fe 2.50 SiO ³ Mg 0.30 SiO ³ Ca 1.39 SiO ³ Na ² 0.48	10.68	{	11.13
Minerali	ilménite	0.45		

Ce qui correspond à *alaskose* I. 3. 1. 3.

Les deux autres microgranites **b**, **c**, qui ont une composition chimique à peu près identique à **a**, appartiennent aussi aux mêmes classe, ordre, rang et subrang.

Les paramètres de M. Michel-Lévy conduisent aussi aux mêmes conclusions (voir tableau. p. 259).

Rhyolites. — Les rhyolites du Mounio sont des roches grisâtres à l'état frais, devenant rougeâtres par altération : leur texture est compacte et leur cassure esquilleuse.

Elles sont parfois un peu rubannées par suite de la présence de lits parallèles inégalement colorés.

Des phénocristaux de quartz de petite taille à contours arrondis et corrodés, et de moins nombreux cristaux d'orthose, sont disséminés dans la pâte. Ces derniers ont parfois disparu, par suite d'altération, laissant à leur place des cavités vides.

L'examen microscopique montre aussi quelques grains de sphène, et, çà et là, quelques plages de feldspath et de quartz associés en pegmatite.

La pâte est ordinairement vitreuse ou à peine cristalline. La cristallinité apparaît par taches passant par étapes insensibles à la structure franchement vitreuse. Inversement, il existe des passages ménagés avec les microgranites les moins cristallins.

La structure fluidale est localement très nette, grâce à l'existence de petites ponctuations ferrugineuses alignées dans le sens de l'écoulement du magma.

Des sphérolites d'orthose sodique sont irrégulièrement distribués, par taches; ils sont allongés suivant l'arête *pg*¹, et leur allongement est de signe négatif. Les éléments ferro-magnésiens sont rares; ils ont sans doute disparu par altération, car dans la rhyolite de Guédio, moins altérée, il existe de nombreuses petites éponges d'ægryrine.

La roche possède souvent des lithophyses en forme de boutons allongés, les unes pleines, les autres en partie creuses. Elles sont remplies ou tapissées par de petites fibres de feldspath mélangé de quartz; elles sont très irrégulièrement distribuées.

Le remplissage de ces lithophyses simule parfois des enclaves, identiques à celles que M. A. Lacroix [65] a décrites dans les rhyolites à ægryrine et à riebeckite du pays des Somalis; elles sont essentiellement constituées par du quartz et de l'ægryrine.

La limite de séparation de ces lithophyses et de la roche normale n'est pas nette: elle est formée par une zone, dans laquelle la cristallinité va en diminuant progressivement. Les lithophyses se terminent parfois par des prolongements filiformes.

Le verre est rarement intact; il est d'ordinaire silicifié. Le quartz forme habituellement de petites éponges irrégulières, troubles. Quelquefois ces éponges sont plus grosses et s'orientent autour d'un phénocristal de quartz qui présente alors une structure auréolée. Parfois, enfin, ces éponges deviennent énormes et la structure originelle de la roche devient méconnaissable; il semble que l'on se trouve en présence d'un quartzite. Dans d'autres cas, le quartz constitue de petites plages limpides rappelant assez celles de la pâte d'un microgranite. Enfin, j'ai observé des cas intermédiaires entre les deux précédents: la roche est entièrement transformée en gros grains de quartz, homogènes au centre et pœcilitiques sur les bords.

La roche est aussi sillonnée par quelques fissures remplies par du quartz filonien.

En terminant je signalerai la présence de muscovite secondaire dans quelques échantillons.

M. Pisani a fait l'analyse chimique suivante d'une rhyolite du Mounio :

SiO ²	Al ² O ³	Fe ² O ³	CaO	MgO	(K.Na) ² O	p. f.	Total
79.91	12.89	1.41	»	0.39	0.26	5.00	= 89.86

La forte teneur en silice s'explique par la silicification qu'a subie la roche, postérieurement à sa venue au jour.

La très faible teneur en alcalis et l'absence de chaux est une conséquence de la très grande altération de la roche, aussi n'est-il pas possible de comparer la composition chimique de cette rhyolite des autres roches alcalines du Soudan. Les rhyolites d'Hadjer el Hamis décrites plus loin permettront de suppléer à cette lacune.

III. — Roches des pointements de Gamedou.

Les deux petits pointements de roches qui se dressent près du village de Gamedou, dans le Manga occidental, à 100 kilomètres à l'est du Mounio et à 200 kilomètres en deçà du Tchad, sont aussi formés par des roches alcalines.

Le pointement oriental est constitué par un microgranite ; le pointement occidental, par une rhyolite.

Microgranite de Gamedou. — Dans le microgranite de Gamedou, la pâte est bien plus abondante que les phénocristaux ; elle est surtout constituée par du quartz et de l'orthose à structure micropegmatique avec un peu d'ægyrine.

Les phénocristaux de quartz, peu nombreux, sont arrondis et parfois un peu corrodés.

Ceux de feldspaths appartiennent à l'orthose. Ils sont ordinairement simples et sans contours géométriques ; quelques-uns seulement sont maclés suivant la loi de Carlsbad. Presque tous sont faculés d'albite.

De grands cristaux d'une amphibole sodique d'un vert foncé sont disséminés dans la pâte. Ils sont souvent accompagnés de grains de magnétite formés à leurs dépens.

La présence dans cette roche de quelques grands cristaux de fayalite, très irréguliers, fissurés, à forte réfringence, à bissectrice aiguë négative, est très intéressante à noter. Il est rare, en effet, de trouver cet orthosilicate dans une roche aussi acide que celle-ci. Ces cristaux de fayalite sont entourés par des cristaux d'amphibole.

L'ægyrine constitue une agglomération, à axes parallèles, de petits cristaux simulant un squelette de grand cristal qui entoure ordinairement un cristal d'augite ægyrinique. De nombreuses petites aiguilles indépendantes d'ægyrine sont aussi disséminées dans la pâte.

Enfin, la roche renferme, en outre, de l'arignatite qui possède à peu près la même structure que l'ægyrine, avec une coloration d'un brun rouge foncé si caractéristique.

Rhyolite de Gamedou. — La rhyolite de Gamedou ne présente rien de spécial à signaler. Comme celles du Mounio, elle est fort altérée et très riche en plages de quartz spongieux d'origine secondaire, au milieu desquelles on distingue parfois encore quelques petits sphérolites à croix noire, des cristaux de sphène et des lamelles d'hématite d'un beau rouge.

IV. — Rhyolite d'Hadjer el Hamis

La rhyolite sodique de ce gisement a été, pour la première fois, décrite par M. L. Gentil [50]. Les nombreux échantillons que j'en ai recueillis me permettent d'en compléter l'étude.

Cette roche a un très grand intérêt pour nous, car elle est à rapporter au même groupe que les rhyolites du Mounio, et, grâce à sa fraîcheur, elle permet de suppléer à l'insuffisance de renseignements sur ces dernières qui, ainsi qu'on vient de le voir, sont toujours trop altérées.

La rhyolite du sud du Tchad est verdâtre ou bleuâtre à l'état frais ; elle est souvent rubéfiée par altération.

L'examen microscopique montre des phénocristaux de quartz corrodés, de feldspaths alcalins (orthose, anorthosé et albite), de pyroxène et d'amphibole dont on ne voit généralement que des moules remplis de calcite et de limonite. Les phénocristaux, souvent très brisés, sont englobés dans une pâte à structure fluidale, qui a été originellement vitreuse comme celle des roches du Mounio, mais qui est remplie de produits de recristallisation dont la cristallinité est extraordinairement variable d'un point à un autre.

On retrouve là toutes les modalités de recristallisation par voie pneumatolitique, décrites par M. A. Lacroix [65] dans les rhyolites similaires de la côte des Somalis : 1° fines ponctuations de quartz et d'ægryrine conduisant par étapes successives à une pâte très finement grenue qui rappelle celle de la pâte des moins cristallins des microgranites du Mounio ; l'ægryrine et une amphibole sodique bleuâtre y sont quelquefois aciculaires, mais plus souvent sous forme de petites éponges irrégulières ; 2° par place, association de feldspaths et de quartz en forme de micropegmatite enveloppant des éléments colorés ; 3° boutonnières dont les bords sont garnis de croûtes fibreuses de feldspath et de quartz encore mélangés d'éléments colorés ; enfin, 4° à noter de petits nodules globulaires formés par l'enchevêtrement de cristaux plus gros d'ægryrine, et surtout d'une amphibole bleuâtre.

La caractéristique de ces recristallisations réside surtout dans l'irrégularité de la distribution des ponctuations colorées qui soulignent la fluidalité originelle de la roche.

Il y a lieu de signaler comme particularité intéressante l'existence d'enclaves microscopiques de diverses roches inconnues en place, mais appartenant à la même série pétrographique : *trachyte à ægryrine* à

très gros microlites d'orthose, *microgranites à ægyrine* à gros grains, et d'autres à quartz spongieux et à faciès groruditique.

Ces enclaves montrent qu'il s'est produit antérieurement à la rhyolithe des roches qui, à tous égards, sont comparables à celles que nous avons vues en place dans le Mounio, et cette constatation vient encore préciser la parenté des roches existant dans ces deux parties de la région soudanaise.

L'analyse suivante faite par M. Pisani, et empruntée au mémoire de M. Gentil, donne la composition du type moyen de ces rhyolites :

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	p. f.	Total
71.95	11.95	4.08	0.53	0.99	0.42	4.51	4.79	0.42	0.75	= 100.39

Cette roche a la composition virtuelle suivante :

Quartz.....	26.07	{	63.47	{	89.54
Feldspaths.....					
	orthose..... 28.36	{	35.11	{	
	albite.....				
Métasilicates....	acmite..... 2.77	{	2.50	{	6.14
	SiO ³ Na.....				
	SiO ³ Ca..... 0.87				
Minerais.....	ilménite..... 0.76	{	0.46	{	4.10
	magnétite...				
	hématite.... 2.88				
					10.24

Elle correspond à la *liparose* 1. 4. 1. 3.

Les paramètres de M. Michel-Lévy sont :

Φ = 2.97	syénitique,
ψ = 4.85	ferrique,
u = 10.97	microcalcique,
r = 1.06	mégapotassique.

V. — Considérations sur la composition chimique des roches alcalines du Soudan.

Il est inutile de revenir sur la parenté minéralogique si évidente de toutes les roches décrites dans ce chapitre. J'insisterai sur le point de vue chimique.

Toutes ces roches possèdent le caractère commun d'être riches en alcalis, avec prédominance de la soude, de ne contenir qu'une proportion infime de chaux; en raison de la haute teneur en alcalis, celle-ci n'est pas feldspathisée. Ces propriétés, jointes à l'état d'oxydation du fer, se traduisent minéralogiquement par la présence de l'ægyrine et d'une amphibole sodique, dans laquelle se sont concentrées les petites quantités de chaux et de magnésie du magma.

Groupées géographiquement, d'après la classification américaine, ces roches alcalines du Soudan se classent de la façon suivante :

		ELÉM. colorés %		CLASSE	ORDRE	RANG	SUBR.
				Sal	F	K ² O + Na ² O	K ² O
				Fem	Q	Ca O	Na ² O
Zinder	Granite.	6.84	Liparose	I	4	1	3
	Grorudite.	20.14	Grorudose	II	4	1	3
Mounio	Granite	Gamago.	Alaskose	I	3	1	3
		Diamotto.	Liparose	I	4	1	3
		Dirikoa-Mia.	Grorudose	II	4	1	3
	Microgranites	O Gouré.	Alaskose	I	3	1	3
		O Gouré.		I	3	1	3
		NO Gouré		I	3	1	3
Hadjer el Hamis	Rhyolite.	10.24	Liparose	I	4	1	3

Au point de vue quantitatif, toutes ces roches leucocrates ont une teneur en éléments colorés (calculés) qui oscille le plus souvent entre 5 et 12 %. Dans ce cas, elles appartiennent donc à la 1^{re} classe de la classification chimico-minéralogique. Le granite de Dirikoa-Mia se trouve à la limite de la 2^e classe, et la grorudite de Zinder franchement dans celle-ci, mais il est intéressant de noter que ces deux roches exceptionnelles se rapportent au même type chimico-minéralogique.

Le rapport $\frac{\text{Na}_2\text{O}}{\text{K}_2\text{O}}$ subit de très faibles fluctuations, maintenant toutes ces roches dans le même subrang. Il en est de même pour le rapport $\frac{\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}}{\text{CaO}}$ servant à spécifier le rang.

La différence ayant le plus grand retentissement dans la place occupée par ces roches dans la systématique est due à des variations, peu importantes d'ailleurs, dans la teneur en quartz libre, qui range une partie d'entre elles dans le 4^e ordre, et les autres dans le 3^e.

Classée magmatiquement, ces roches se groupent de la façon suivante :

		Classe	Ordre	Rang	Subrang
		Sal	Q	$\frac{\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}}{\text{CaO}}$	$\frac{\text{K}_2\text{O}}{\text{Na}_2\text{O}}$
		Fem	F	(feldspathisable)	
Liparose (I. 4. 1. 3.)	Granite de Zinder.....	13.56	0.48	14	0.86
	Granite de Diamotto.....	9.29	0.50	18	0.89
	Rhyolite d'Hadjer el Hamis	9.03	0.41	∞	0.70
Grorudose (II. 4. 1. 3.)	Granite de Dirikoa-Mia....	5.28	0.39	∞	0.79
	Grorudite de Zinder.....	3.88	0.37	∞	0.71
	Granite à l'est de Gamago..	25.45	0.67	∞	1.07
Alaskose (I. 3. 1. 3.)	Microgranite de Gouré.	a 8.04	0.61	∞	0.62
		b 8.61	0.72	∞	1.02
		c 9.06	0.71	∞	0.59

La considération des paramètres de M. Michel-Lévy conduit aux mêmes conclusions. Les variations du rapport Ψ sont fort grandes, mais n'ont que peu de signification dans ce cas particulier parce qu'elles s'exercent sur des quantités fort petites.

En résumé, ces roches, observées sur de vastes espaces, caractérisent une province pétrographique à propriétés très nettes. Les consi-

Roches alcalines du Soudan
considérées d'après la méthode des paramètres magmatiques.

	Φ $\frac{S \text{ sal}}{2k + 3n}$	Ψ $\frac{F}{M}$	u $\frac{f}{c}$	r $\frac{k}{n}$
Zinder				
Granite de	3.40 alcalino-granit.	3.34 ferro-magnésien.	2.78	1.31 mégapolassique
Grondite de	2.35 syénitique.	1.70 ferrique.	9.78	0.71 mésopolassique.
Mounio				
Granite	3.54 granito-diorit.	6.75	9.21	1.007 mégapolassique
Granite Diamotto.	3.49 alcalino-granit.	14.75	5.61	1.35 mégapolassique
(Bir koa-Mia	2.57 syénitique.	8.19	3.25	0.79 mésopolassique.
Microgranite	O. Gouré 3.20	19.68	6.13	0.90
(NO Gouré 3.18	3.27	8.37	9.04	1.02 mégapolassique
		31.46	6.27	0.90
Hadjer el Hamis	Rhyolite.	4.85 ferrique.	10.97 microcalcique.	1.06 mégapolassique

dérations chimiques viennent appuyer les conclusions que l'examen de la composition minéralogique et de la structure avait rendu fort vraisemblable, à savoir que les granites, les microgranites et les rhyolites étudiés constituent les trois formes principales d'un seul et même magma consolidé dans des conditions différentes.

L'examen sur le terrain a montré que le granite occupe les parties profondes, que le microgranite forme la bordure et la carapace du granite. Quant à la rhyolite, de mise en place nettement postérieure, elle représente un produit d'épanchement venu au jour soit sous forme de dômes localisés, soit sous celle de coulées qui auraient été démantelées par érosion.

VI. — Considérations générales sur la province pétrographique des roches alcalines du Soudan.

Les données que j'ai exposées plus haut ont précisé les régions qui constituent la province pétrographique alcaline du Soudan.

On sait, par les explorations de Foureau, qu'elle se prolonge dans le nord par les granites à ægyrine de l'Aïr.

Les observations de la mission Chari-Tchad (mission Chevalier) ont montré que dans les régions parcourues par celle-ci, on ne trouve aucune roche alcaline, mais seulement des roches calco-sodiques. Le capitaine Freydenberg a recueilli des roches analogues à Moïto.

Une grande lacune dans nos connaissances existait du côté de l'est. Par l'étude des récoltes du lieutenant Ferrandi et des capitaines Bourreau et Schneegans, j'ai pu montrer que dans le Borkou, le Mortcha et l'Ouadaï, les roches appartiennent également à la série calco-sodique. La province pétrographique alcaline ne paraît donc pas s'étendre vers l'est, au delà du lac Tchad.

Fort loin au sud-ouest du Tchad, dans la Nigeria, on connaît une rhyolite à ægyrine à Mayo-Kebbi, sur la Bénoué (Hubert).

Il faut aller ensuite dans le Dahomey (Fita) [60, p. 466] pour retrouver des roches alcalines qui, d'ailleurs, paraissent y être exceptionnelles.

B. — MINÉRALOGIE

Les parties du Soudan sud-saharien que j'ai explorées sont très pauvres, au point de vue minéralogique. Pendant mes deux années de séjour dans ces régions, je n'ai pu recueillir que quelques espèces minérales.

Manda. — Les efflorescences salines qui se déposent dans certaines cuvettes, à la fin de la saison sèche, après l'assèchement des mares qui en occupent le fond, et que les indigènes exploitent pour la préparation du sel, portent le nom de *manda*.

Celles que j'ai recueillies à Gourselik, dans le Manga occidental, un des plus grands centres de la fabrication du sel, contiennent, d'après les dosages de M. Gauthier, chef des travaux de chimie à la Faculté de Clermont :

24,24 % de NaCl
25,98 % de Na²SO⁴
12,50 % de Na²CO³.

Nous avons vu que, par cristallisations successives, le sulfate de soude cristallise sous forme anhydre (thénardite) ; il se dépose sur les bords des récipients qui contiennent les eaux provenant du lessivage de la terre à sel que les indigènes retirent, par raclages, du fond de la cuvette. Des cristaux nets se rencontrent parfois dans les mares desséchées.

Kanwa. — Le kanwa, vulgairement appelé natron, n'est pas constitué par ce que les minéralogistes appellent ainsi (Na² CO³ + 10 H²O), mais par du trona (Na² CO³. HNa CO³ + 2 H²O). Ce minéral à l'état de pureté, en masses cristallines miarolitiques, existe dans le kanwa que l'on exploite dans la mare de Kilbouram, dans le Folé, sur la bordure occidentale du Tchad.

Ce produit, plus ou moins pur, est administré aux animaux et mélangé, par les indigènes, à leur tabac à chiquer.

M. Gauthier a également fait le dosage de plusieurs des échantillons de kanwa que j'ai rapportés de différents points du grand bassin intérieur du Tchad.

1° Le kanwa qui est exploité dans la mare de Gouboria, à une dizaine de kilomètres au nord-ouest de Gourselik, renferme :

60 % de Na^2CO^3
1,95 % de NaCl .

2° Le kanwa qui forme des croûtes salines dans le fond de la cuvette située à l'ouest de Mao, renferme :

24 % de NaClO^3
4,48 % de NaCl .

3° Le kanwa que j'ai recueilli à Hangara, au fond de la dépression dans laquelle l'eau se trouve, presque à fleur du sol, contient :

35,50 % de Na^2CO^3
12,95 % de NaCl
Traces de Na^2SO^4 .

Gypse. — Outre les grandes lames de gypse que j'ai déjà signalées dans l'Adar-Doutchi, j'ai encore trouvé du gypse à Hangara, dans le nord de l'Egueï.

Dans cette dernière localité, le gypse [44] se trouve en petites lames, aux clivages très nets, et en petits cristaux, en forme de lentilles courbes avec macles suivant $a^{1/2}$ (201).

Egueïite. — J'ai trouvé un phosphate de fer, voisin de la borickite, à Koukourdeye, dans la partie septentrionale de l'Egueï. J'en ai fait l'étude [44] dans le laboratoire de minéralogie du Muséum, sous la direction de M. A. Lacroix.

« Cette substance présente la forme de nodules de la grosseur d'une noisette. Les uns, d'un brun clair, se débitent facilement en petites pyramides ayant toutes pour sommet commun le centre de la sphère. D'autres, d'un brun noir, à cassure irrégulière, sont creusés de petites cavités, dans lesquelles sont implantés quelques cristaux d'un phosphate de fer, trop petits pour qu'il ait été possible de les déterminer.

» Le phosphate brun est facilement soluble dans l'acide chlorhydrique à froid.

» A la flamme de la bougie, il fond sur ses bords. Chauffé au chalumeau, il fond en bouillonnant et donne un globule noir brillant.

» Dans le tube fermé, il noircit et dégage une abondante quantité de vapeur d'eau. Sa densité est 2,60.

» En lame mince, vu au microscope, le minéral est jaune, mono-réfringent, avec çà et là de petites plages biréfringentes. »

L'analyse chimique suivante a été faite par M. Pisani :

P ² O ⁵	Fe ² O ³	Al ² O ³	CaO	H ² O	Résidu	Total
30.30	44.20	1.50	2.28	20.47	0.75	99.50

Cette analyse conduit à la formule :

$5 (\text{FeAl}) (\text{PO}^4)^2 \cdot \frac{1}{5} \text{Ca}^2 (\text{PO}^4)^2 \cdot 2 \text{Fe} (\text{OH})^3 + 20 \text{H}^2\text{O}$
qui ne correspond exactement à celle d'aucune espèce connue.

Ce minéral peut être rapproché de la borickite, qui, avec une teneur en eau comparable, est plus ferrugineuse et plus calcique et moins riche en acide phosphorique. Mais il présente une différence de composition chimique trop grande avec ce minéral pour qu'on puisse l'y réunir. M. A. Lacroix a proposé, récemment (1), de la désigner sous le nom d'*égueïte*.

Si l'on fait abstraction de la petite quantité d'alumine, on voit que le rapport de l'acide phosphorique et du fer, calculé comme protoxyde et augmenté de la chaux, est sensiblement celui d'un phosphate tribasique.

Il paraît donc vraisemblable que ce minéral n'est autre chose que le résultat de la suroxydation totale du fer d'une vivianite un peu calcique, oxydation accompagnée d'un commencement de déshydratation. Cette hypothèse peut s'appuyer sur la structure fibro-lamellaire du minéral qui rappelle celle des nodules de vivianite et aussi sur les conditions de gisement, les échantillons étudiés ayant été recueillis à la surface du sol et ayant dû y être, pendant longtemps, soumis à l'ardeur brûlante du soleil tropical.

Extraction du fer. — Les grès ferrugineux, en certains endroits du Soudan, sont très riches en pisolites ferrugineux. Ils sont parfois traités pour leur fer, et la faible quantité de métal qu'on en retire suffit aux besoins des indigènes pour la fabrication de leurs armes, épées, lances, poignards, couteaux, pointes de flèches, et des rares instruments dont ils se servent comme outils.

A. LACROIX. — Minéralogie de la France et de ses colonies, IV, p. 536, Paris, Baudry, 1910.

C'est a Mayatikoïra que j'ai vu traiter pour la première fois ce minerai de fer.

Là, comme je l'ai déjà dit, les formations grésio-ferrugineuses n'existent plus en place, le chapeau qu'elles formaient ayant été démantelé par l'érosion. C'est dans les éboulis, en partie ensevelis sous les sables, dans le fond d'une petite vallée, que les indigènes prennent le minerai,

Le traitement de celui-ci est très primitif ; il se fait dans de petits fours en argile, ayant la forme de tronc de cône et mesurant à peu près 1^m50 de hauteur sur 0^m80 à 1 mètre de diamètre (fig. 66).

Ces fours sont assis sur leur plus grande base et ne reposent pas directement sur le sol. Chacun d'eux est supporté par une dizaine de tuyaux en terre, couchés à plat, qui serviront de cheminée d'appel pour l'air pendant la fusion.

Dans le fond du four, les indigènes placent d'abord du charbon de bois et l'allument. Quand celui-ci est bien embrasé, ils ajoutent une certaine quantité de minerai préalablement trié et cassé en petits morceaux minces. Enfin, ils finissent d'emplir le four avec des bûches de bois.

Pour sa combustion, le bois fait un appel d'air considérable qui passe sur le minerai et le réduit.

Quand l'opération est bien en marche, on bouche toutes les ouvertures qui existent à la base du four, et on ne laisse plus pénétrer l'air que par les tuyaux d'appel.

L'opération dure un jour et demi environ. Quand elle est terminée, et quand le four est refroidi, on trouve au fond de celui-ci une masse ferrugineuse compacte à la base et scoriacée au sommet. C'est cette masse que le forgeron travaille.

A Mayatikoïra, onze petits fours semblables fonctionnaient en mars 1907.

Comme dans toutes les opérations effectuées par un procédé aussi rudimentaire, une grande partie du fer reste dans les scories, sous forme d'orthosilicate Fe^2SiO_4 : aussi, partout où l'on rencontre des



Fig. 66. — TRAITEMENT DU MINERAI DE FER A MAYAKIKOIRA.

exploitations indigènes, trouve-t-on des scories, dont les cavités sont parfois tapissées de cristaux de *fayalite* ayant la forme du périclote des roches volcaniques.

Roches fondues par une cause indéterminée. — Entre le Toro et l'Egueï, en allant d'Ouani à Hangara, j'ai observé à côté de formations argilo-calcaires, coquillifères, et surmontant les sables qui recouvrent tout le pays, deux petits lambeaux, d'une cinquantaine de mètres carrés, d'une argile rougeâtre, durcie, ressemblant à de la brique cuite.

Un spécimen étudié est constitué par une argile calcinée, rappelant celles qui se trouvent dans les houillères embrasées du Plateau Central de la France. Elle est recouverte par une scorie ferrugineuse noire, très bulleuse.

L'examen microscopique montre que celle-ci est constituée par un minéral jaunâtre qui, par sa réfringence, sa haute biréfringence, le signe négatif de sa bissectrice aiguë, peut être rapporté à la *fayalite*.

Ses grands cristaux englobent poecilitiquement des octaèdres de magnétite et entourent des grains de quartz clastiques. Il n'est pas douteux qu'il ne s'agisse là du produit de la fusion et de la recristallisation très rapide d'un lit ferrugineux et quartzeux.

On peut donc comparer ce produit aux scories métallurgiques décrites plus haut, mais, d'après leurs gisements, on ne saurait leur attribuer comme à celle-ci une origine intentionnelle.

A cause de l'étendue des masses argileuses cuites, il n'est pas possible de voir là le sol modifié d'anciens foyers de cuisine.

L'existence de ces argiles cuites, en place, dans une région désertique, où rien ne pousse maintenant, est difficile à expliquer.

Peut-être faut-il remonter à des temps plus anciens, pour en chercher l'explication, après l'assèchement du plus grand Tchad qui s'étendait sur ces contrées, à l'époque où une végétation, peut-être identique à celle qui croît sur les bords du Tchad actuel, croissait dans ces lieux. L'incendie d'une forêt, le feu dans la brousse pourrait avoir cuit les argiles ferrugineuses qui en constituaient le sol. Je ne donne d'ailleurs cette hypothèse que sous réserve.

RÉSUMÉ GÉNÉRAL

Les régions situées entre le Niger et le Tchad, et à l'est et au nord-est du Tchad, que j'ai visitées, forment un immense pays à peu près plat. Les points les plus élevés dépassent à peine 450 mètres d'altitude et les parties les plus basses ne sont guère au-dessous de 200 mètres. (Voir coupe pl. II).

Presque partout, le pays est recouvert par un puissant manteau de sables argileux ou de sables pouvant avoir jusqu'à une centaine de mètres d'épaisseur.

Le soubassement de ces formations détritiques est constitué par des roches cristallines ou cristallophylliennes, et ne se voit qu'en un petit nombre de points.

En deçà du Tchad, il se montre sur les bords du Niger, dans le Zamfara et le Katséna, dans les environs de Zinder et dans le Mounio. De l'autre côté du Tchad, je ne l'ai vu qu'à Hadjer el Hamis, au sud-est du Tchad, mais il a été signalé à Moïto, Aouni, N'Goura, et des roches granitiques viennent d'être rapportées récemment du Borkou, du Mortcha et de l'Ouadaï.

Presque partout, les roches granitiques qui constituent ce substratum sont des granites normaux et n'ont aucun intérêt au point de vue pétrographique.

Par contre, les roches qui existent à l'ouest de Zinder, dans le Mounio et ses trois satellites Mia, Machéna et Gamedou, et à Hadjer el Hamis, sont très intéressantes au point de vue scientifique. Ce sont des roches alcalines, riches en potasse et en soude, et pauvres en chaux et en magnésie.

On connaissait déjà ces roches et certains de leurs gisements. J'ai pu préciser et compléter les données qu'on avait à leur sujet en fixant leurs positions respectives et en établissant les relations qu'elles ont entre elles.

Ces roches alcalines, qui appartiennent à des granites, à des microgranites (et grorudite) et à des rhyolites, sont les trois types

structuraux du même magma. Leur différence au point de vue cristallin est due simplement au mode de mise en place de la roche.

Le granite, avec ses grands éléments, est une roche de profondeur ; il apparaît dans les parties basses, très érodées, et forme de grosses masses rocheuses.

Les microgranites sont des roches de demi-profondeur ; ils occupent la périphérie des massifs ou forment de petits massifs.

La rhyolite est une roche filonienne. Dans le Soudan, elle ne m'a pas paru être volcanique, car je n'ai vu ni cratère, ni projections, ni tufs.

Comme je l'ai déjà dit, presque tout le sol est constitué par des sables argileux ou par des sables dunaires. Les premiers se trouvent vers l'ouest, dans la région soudanaise de la rive gauche du Niger et occupent une grande fosse ouverte entre des terrains cristallins ou cristallophylliens ; les seconds existent seulement dans les régions situées vers l'est, dans le fond du bassin intérieur du Tchad.

En deux endroits, dans le Damergou et dans l'Adar-Doutchi, des formations calcaires fossilifères sont intercalées dans les sables argileux.

Les dépôts fossilifères du Damergou sont peu puissants. Ils possèdent des Huîtres et des Ammonites, ces dernières appartenant au genre *Vasconeras* et étant caractéristiques du Turonien.

Les formations fossilifères de l'Adar-Doutchi sont plus récentes que celles du Damergou et appartiennent au Maestrichtien. Elles sont constituées, dans presque toute leur masse, par des calcaires que surmontent, partout où je les ai étudiées, des argiles schisteuses dans lesquelles se trouvent des lames de gypse, cette dernière substance dénotant un assèchement de lagunes marines.

Des espèces fossiles très caractéristiques du Maestrichtien se trouvent dans ces calcaires : *Venericardia Beaumonti* D'ARCHIAC (= *Cardita libyca* ZITTEL), *Corbicula striatuloïdes* FORBES, *Turitella* (*Mesalia*) *fasciata* LAMARCK, *Turitella sexlineata* ROEMER, *Pleurotoma subfusiformis* D'ORBIGNY. Les genres *Pseudoheligmus* et *Parasmilia* (*P. cf. centralis* MANTELL), que j'y ai également recueillis, sont des genres crétacés et n'ont jamais été signalés dans le Tertiaire.

Les formations maestrichtiennes ne dépassent pas l'Adar-Doutchi, au sud, mais elles s'étalent très largement vers le nord. On les connaît à Tillia, Cessa, Tenakart, entre l'Adar-Doutchi et Gao, sur le Niger, dans le dallol Tilemsi, au nord de Gao, à Mabrouck, au nord de Tombouctou, près d'Agadès, dans l'Aïr, à Bilma. Elles se reliaient avec les formations bien connues du même âge de la Tripolitaine et de l'Égypte.

Les sables argileux qui recouvrent ces dépôts fossilifères de l'Adar-Doutchi ou qui les continuent vers l'ouest, se développent très puissamment jusqu'au Niger. Dans les vallées qui les entaillent et dans les puits qui les percent, je n'ai vu nulle part trace de la continuation, dans cette direction, des formations calcaires maestrichtiennes.

A défaut de documents paléontologiques, mais pour des raisons stratigraphiques, je rapporte ces dépôts détritiques au Maestrichtien.

Enfin, toute la partie du bassin intérieur du Tchad que j'ai visitée, représente un immense paysage dunaire et les formations sableuses que l'on y observe sont récentes, quaternaires ou actuelles.

Les eaux du Tchad recouvrent une portion de ce paysage et les îles et les îlots sous-lacustres de ce lac sont d'anciennes dunes.

A une époque peu éloignée, les eaux du lac Tchad s'étendaient sur tout le fond du grand bassin intérieur centre africain, notamment dans les régions déprimées de l'Egueï, du Bodelé, du Djourab et y abandonnèrent des dépôts sédimentaires coquillifères que l'on observe encore en beaucoup d'endroits.

Aujourd'hui, l'ancien fond de cet ancien grand Tchad est une région désertique, à peu près dépourvue d'eau, et le Tchad actuel n'est guère plus qu'un vaste marécage dont le niveau et l'étendue varient avec la quantité de pluie qui tombe chaque année.

ADDITION

Aux pages 95, 97, 104 et 107, j'ai cité *Pseudeligmus sudanensis* DOUVILLÉ.

M. H. Douvillé vient de me faire remarquer que ce fossile avait déjà été décrit par M. Newton [88] sous le nom de *Vulsella nigeriensis*.

Le nom du genre, *Pseudoheligmus*, que propose M. Douvillé, doit être employé, et celui de l'espèce, *nigeriensis*, créé par M. Newton, doit être maintenu.

Dans ces conditions, aux pages ci-dessus désignées, c'est *Pseudoheligmus nigeriensis* NEWTON, qu'il faut lire, et non *Pseudeligmus sudanensis* DOUVILLÉ.

Quoi qu'il en soit, toutes les conclusions qui avaient été déduites de la présence de ce fossile dans les formations de l'Adar-Doutchi, pour ranger celles-ci dans le Crétacé supérieur, subsistent toujours.

M. Douvillé indiquera prochainement, dans le *Bulletin de la Société géologique de France*, les caractères de cette espèce intéressante.

ERRATA

Page 96, ligne 25, lire *Venericardia Beaumonti* D'ARCHIAC, et non DESHAYES.

Pages 131, 134, 135 et 145, lire *Callotropis procera* et non *Coloptris procera*.

INDEX ALPHABÉTIQUE

A

Abécher, 226.
 Abqué, 53.
 Abou-Mogneur, 197.
 Adar, 28, 42.
 Adar-Doutchi, 3, 24, 28, 45, 46, 92, 109, 114, 268.
 Adebour, 147, 159.
 Agadem, 6, 124.
 Agadès, 6, 268.
 Agourmi, 43.
 Ain-Galaka, 225.
 Air, 25, 28, 261.
 Alakos, 95.
 Alberkaram, 50, 51, 78.
 Ali Agrenga, 197.
 Alibori, 21.
 Amharoura, 97.
 Am Raya, 215, 222.
 Anou Melloum, 112.
 Aouni, 6, 267.
 Aourak, 188, 214.
 Arada, 226.
 Argoungou, 23.
 Atacora, 5, 21.
 Azaoua, 25, 27, 59.

B

Bagueïe, 100.
 Bahr el Gazal, 140, 166, 217, 219, 222, 227, 230.
 Bahr el Gazal (région du), 214, 229.
 Bahr el Gréani, 149.
 Bahr Massakori, 167.
 Bahr Toumtouma, 183.
 Banizoumbou, 37, 114.

Barkaoual, 33.
 Barka Tebiann, 184.
 Baroa, 140.
 Bebeye, 36.
 Bédouarain, 6, 124.
 Béréré, 90.
 Bidellam, 135.
 Biguérain, 134.
 Bilma, 113, 268.
 Bikini, 21, 32, 69.
 Bir Alali, 176.
 Bir Barka, 180.
 Bir Gara, 219.
 Bir Kiat, 228.
 Birni n'Kebbi, 22.
 Birni n'Konni, 39.
 Bodelé, 221, 227, 228, 229, 269.
 Bol, 138, 165.
 Borkou, 3, 143, 221, 225, 228, 261, 267.
 Bossa, 216.
 Bosso, 29, 125, 162.
 Bosso (dallol), 25, 34.
 Boudouma (archipel), 134.
 Bou Fouminn, 178.
 Boukoudou, 73.
 Bouné, 63.
 Boutoutou, 113.
 Bouza, 46, 93, 101.

C

Cessa, 111, 268.
 Chari, 126, 143, 227.
 Chédica, 56.
 Chirmalek, 161.
 Chitati, 179, 222, 229.

Chokott, 99.
 Combo, 116.
 Copoye, 217.

D

Dadori, 79, 236.
 Dagana, 166.
 Dahomey, 5, 21, 261.
 Daja, 74.
 Dakoussa, 51, 234.
 Damagarim, 20, 49, 74.
 Dambadada, 55.
 Dambéda, 75, 77, 240.
 Damergou, 3, 58, 59, 90, 268.
 Dam Meli, 90.
 Dam Tchiao, 55.
 Daoura, 72.
 Daouréré, 43.
 Dellacori, 64.
 Déréki, 33.
 Diamotto, 245, 246, 247, 257, 258, 259.
 Dian Asmi, 57.
 Dioundiou, 35.
 Dirikoa, 82, 86, 245, 248, 257, 258, 259.
 Djadjidouna, 90.
 Djerma, 32, 34.
 Djigaoua, 52.
 Djiguina, 107.
 Djourab, 223, 225, 227, 229, 230, 369.
 Dogondoutchi, 36, 37, 114.
 Dosso, 34.
 Doumbourou, 72.
 Douchi, 72.

Doutchi n'Zama, 47.
Doutchi n'Zerda 47.
Dungass, 55, 73.

E

Eguéi, 3, 183, 221, 222,
230, 269.
Ennedi, 222, 225.

F

Falaouel, 34.
Fanengha, 200.
Fantrassou, 219.
Farguimi, 137.
Farou, 71.
Faya, 225.
Fiaou, 72.
Foga (dallol), 26, 34, 35,
115.
Folé, 164.
Foléa, 144.
Fondibéri, 33.
Forogoro, 209.
Fort-l'radié, 176.

G

Gabana, 82, 85, 245.
Gafati, 78.
Gamago, 245, 246, 247,
257, 258, 259.
Gamé, 102, 110.
Gamedou, 5, 123, 151,
254, 267.
Garadoumé, 92.
Garoa, 131.
Garoumelé, 145.
Garoumiga, 153.
Gaya, 117.
Gazafa, 53.
Gober-Toudou, 47.
Godabaoua, 41.
Gongola, 91.
Gongomé, 91, 119.
Gorébi, 53, 54.
Gossom, 205, 212.
Gouboria, 263.
Goulbi, 5, 22, 38.
Goulbi n' Kaba, 22, 59.
Gougouféma, 37, 43.

Gouradi, 203, 207.
Gouré, 5, 60, 87, 244,
248, 257, 258, 259.
Gourselik, 153, 154, 262.
Gourtéla, 175.
Guédio, 84.
Guidimouni, 57.
Guidjimo, 53.

H

Hacha, 187, 198.
Hdjer el Hamis, 5, 123,
140, 150, 253, 255, 257,
258, 267.
Halzena, 49.
Hangara, 183, 192, 203,
228, 263, 266.
Hamdara, 53.
Hour, 197.

I

Iba, 139.
Illéla, 20, 50, 52, 79, 235.
Inkankaran, 108.

J

Jakari, 153.

K

Kabirom, 167.
Kaerda, 78.
Kakibaré, 53, 54.
Kalfou, 46, 92.
Kalmato, 24, 40.
Kamado, 43.
Kamba, 135, 136, 165.
Kameroun, 91.
Kamsoua, 76, 79, 237.
Kandari, 76, 79, 237.
Kanem, 3, 91, 142, 168,
174, 222, 229.
Kaouard, 37.
Karaé, 55.
Karagou, 158.
Karoaram, 75.
Katséna, 5, 20, 72, 267.
Kebbi, 38.
Keïta, 45, 94, 103.

Kellé, 64.
Kilbouram, 165.
Kindjiria, 133.
Kirtachi, 20, 32, 69.
Kisamo, 27.
Kisségui, 178.
Kizimi, 224.
Koal, 214.
Koukaoua, 140.
Koukourdeye, 194, 263.
Kolekorarom, 135.
Komadougou, 5, 29,
126, 143.
Konni, 39.
Korgom, 48.
Koro, 3, 212, 221, 230.
Koro-Kidinga, 213.
Kouloa, 131, 135, 141,
144, 222.
Kouris (Archipel), 138.
Koutous, 20, 56, 63, 91.
Kufeï, 185.

L

Laba, 45.
Lekariri, 85, 245.
Leschour, 180.
Lilloa, 175, 177, 222,
229.

M

Mabrouch, 112, 268.
Machéna, 5, 87, 244,
267.
Machi, 72.
Madeï, 135.
Madorou, 135, 136.
Mainbé, 110.
Mainaram, 58.
Majia, 24, 40, 45.
Manga occidental, 91,
151.
Manga oriental, 188,
222, 229.
Mao, 169, 171, 263.
Maouri (région), 35.
Maouri (dallol), 27, 35,
36, 38.
Maradi, 22, 23.
Marmorou, 48.

Massakori, 166.
 Massalata, 39.
 Matankari, 28.
 Mattégou, 136.
 Matéram, 149.
 Mayatikoïra, 33, 36, 265.
 Métimé, 184.
 Mia, 5, 63, 245, 267.
 Mir, 160.
 Mirria, 24, 54.
 Modourou, 72.
 Mogueur, 44.
 Moïto, 6, 124, 261, 267.
 Moji, 202.
 Mondo, 175.
 Mortcha, 3, 6, 222, 225,
 261, 267.
 Mostafarem, 158.
 Moull, 185.
 Mounio, 20, 60, 63, 81,
 244, 251, 267.
 Moussadeï, 33.

N

Niamey, 5, 20, 32, 68.
 Niéry, 226.
 Niger, 20, 68, 267.
 Nira, 185.
 N'Gollom, 135, 136.
 N'Goum, 182.
 N'Goura, 6, 124, 267.
 N'Gouri, 175.
 N'Gourti, 185.
 N'Guigmi, 131, 140, 145,
 147, 184.

O

Oléloua, 60.
 Om Chalouba, 226.
 Ouacha, 52, 53.
 Ouadaï, 6, 226, 261, 267.
 Ouadi, 48.

Ouamé, 75.
 Ouani, 203, 210, 266.
 Oueyta, 225.

R

Rouma, 72.
 Rourouka, 72.
 Runganda, 24, 41, 42.

S

Sabonkafi, 59.
 Samia, 138.
 Sanafina, 5, 69, 116.
 Sandiré, 25, 34.
 Sayal, 6.
 Ségoum, 43.
 Sekhab, 195.
 Sharingué, 106.
 Shilim Fahalanga, 186.
 Sogorou, 33.
 Sokoto, 23, 40, 42.
 So Moussova, 211.
 Soudan, 3, 30.

T

Tabrichat, 112.
 Tadoubila, 110.
 Tahoua, 44, 46.
 Tagama, 25.
 Tamarlakat, 113.
 Tamaské, 45, 47, 92,
 104.
 Tanout, 91.
 Tchad, 125, 139, 142,
 221, 227, 229, 230, 269.
 Tchangari, 56.
 Tchitchiga, 82, 85, 245.
 Tegaga, 220.
 Tenakart, 112, 268.
 Tessaoua, 49.
 Tibesti, 227, 228.

Tilemsi (dallo), 112,
 268.
 Tillia, 111, 268.
 Timidinga, 208.
 Tiori, 185.
 Tirmini, 75, 76, 80, 240.
 Toro, 3, 205, 212, 221,
 230.
 Toro-Doum, 209.
 Toro-Timmi, 211.
 Toulou, 30.
 Tougana, 37, 59.
 Tourbanguida, 162.
 Tsiguilli, 44.

W

Woï, 225.
 Woudi, 140.

Y

Yagallata, 102.
 Yamia, 62.
 Yao, 6, 124.
 Yélou, 35.
 Yéni, 25, 33.
 Youmadien, 202.
 Yri, 147, 165.

Z

Zamfara, 5, 20, 23, 71,
 267.
 Zangari, 154.
 Zangè, 55.
 Zermo, 53, 75, 78, 234.
 Zigari, 62.
 Ziguéï, 177, 178.
 Zinder, 5, 20, 50, 76,
 79, 80, 233, 238, 241,
 243, 257, 258, 259, 267.
 Zourmi, 72.
 Zouzousanné, 33.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
AVANT-PROPOS.....	1
APERÇU GÉNÉRAL,.....	3
Aspect, 3. — Soubassement, 4.	
DIVISIONS DE L'OUVRAGE.....	7
BIBLIOGRAPHIE.....	9

PREMIÈRE PARTIE

LES RÉGIONS SOUDANAISES DE LA RIVE GAUCHE DU NIGER

A. — GÉOGRAPHIE.

I. LE SYSTÈME HYDROGRAPHIQUE.....	19
Généralités, 19. — Le Niger de Niamey à la frontière franco-anglaise, 20. — Affluents du Niger, 21. — Goulbi, 22. — Run-ganda, 24. — Majia, 24. — Ruisseau de Mirria, 24. — Anciens affluents de la rive gauche du Niger, 25. — Dallol Bosso, 25. — Dallol Fogha, 26. — Dallol Maouri, 27.	
II. LES EAUX DE RUISSELLEMENT. — CAUSES DE L'ASSÉCHEMENT DES ANCIENS COURS D'EAU DU SOUDAN.....	29
Les eaux de ruissellement, 29. — Action des eaux de ruisselle-ment, 29. — Causes de l'asséchement des anciens cours d'eau du Soudan, 30.	

	Pages
III. LES RÉGIONS SOUDANAISES	32
1. Djerma.....	32
Généralités, 32. — De Niamey à Mayatikoïra à travers le Djerma, 32. — Environs de Sandiré, 34. — Du dallol Fogha au dallol Bosso, 34.	
2. Maouri.....	35
Généralités, 35. — Environs d'Yélou, 35. — Environs de Dioundiou, 35. — Environs de Bebeïye, 36. — De Dogondoutchi à Mayatikoïra, 36. — De Dogondoutchi à Gougouféma, 37.	
3. Région comprise entre le dallol Maouri et le Goulbi.....	38
4. Konni.....	39
Généralités, 39. — Etang de Kolmato, 40.	
5. Sokoto.....	40
Généralités, 40. — Nappe aquifère, 41.	
6. Adar.....	42
Généralités, 42. — Itinéraire sud-ouest-nord-est à travers l'Adar, 43. — Itinéraire nord-sud à travers l'Adar, 44.	
7. Adar-Doutchi.....	45
Généralités, 45. — Ses formations calcaires, 46.	
8. Gober-Toudou.....	47
Généralités, 47. — Doutchi n'Zama, Doutchi n'Zerda, 47.	
9. Collines gréseuses de Korgom.....	48
10. Damagarim..	49
Aperçu général, 50. — Massif granitique de Zinder, 50. — Massif quartziteux d'Alberkaram, 51. — Massif quartziteux d'Illéla, 52. — Mares salées du Damagarim, 53. — Mare d'Ouacha, 53. — Mares de Kakibaré et de Gorebi, 54. — Sud et sud-ouest du Damagarim, 54. — Source de Mirria, 54. — De Zinder à Ouacha, 55. — De Dungass à Zango et à Korgom, 55.	
11. Région comprise entre le massif quartziteux d'Illéla et le massif granitique du Mounio.....	56
Généralités, 56. — Mares de Guidimouni, 57.	
12. De Zinder au Damergou.....	57
Généralités, 57. — Dian Asmi, 57. — Meïnaran, 58.	
13. Damergou.....	58
Généralités, 58.	
14. Mounio.....	60
Généralités, 60. — Ensablement, 60. — Le relief est ancien, 61. — Ancien système hydrographique, 61. — Puits, 62. — Environs de Bouné, 62. — Environs d'Yamia, 62. — Massif de Mia, 63.	
15. La région entre le Mounio et le Koutous.....	63
IV. RÉSUMÉ GÉOGRAPHIQUE.....	65

B. — GÉOLOGIE.

	Pages
I. SOUBASSEMENT CRISTALLIN ET CRISTALLOPHYLLIEN.....	68
1. Vallée du Niger.....	68
Environs de Niamey, 68. — La vallée du Niger comprise entre Kirtachi et Bikini, 69. — Sanafina, 69.	
2. Zamfara.....	71
3. Katséna.....	72
4. Environs de Boukoudou.....	73
5. Damagarim.....	74
Généralités, 74. — Les roches cristallines de la région de Zinder. Historique, 74. — Distribution des roches de la région de Zinder, 76. — Sur l'âge des roches granitiques de la région de Zinder, 80.	
6. La région granitique du Mounio.....	81
Historique, 81. — Extrémité nord-est du Mounio. Massif rhyolitique, 82. — Extrémité nord-ouest du Mounio. Affleurement rhyolitique de Guédio, 84. — Environs de Gabana. Pointements rhyolitiques, 85. — Environs de Lekariri et de Tchitchiga. Granite, microgranite et rhyolite, 85. — Environs de Dirikoa. Association du granite, du microgranite et de la rhyolite, 86. — Soubassement, 87.	
7. La région comprise entre le Mounio et le Koutous.....	88
II. FORMATIONS TURONIENNES DU DAMERGOU.....	90
Turonien fossilifère du Damergou, 90. — Formations rapportées au Crétacé supérieur, 91.	
III. FORMATIONS MAESTRICHTIENNES DE L'ADAR-DOUTCHI.....	92
Historique, 92. — Age maestrichtien des terrains sédimentaires de l'Adar-Doutchi, 94. — Ambaroura, 97. — Chokott, 99. — Baguèie, 100. — Environs de Bouza, 101. — Falaise au sud de Keïta, 103. — Four à chaux de Keïta, 103. — Tamaské, 104. — Sharingué, 106. — Djiguina, 107. — Puits d'Inkankaran, 108. — Allure générale des formations maestrichtiennes de l'Adar-Doutchi, 109. — Gypse, 109. — Autres gisements maestrichtiens du Soudan, 111. — Boutoutou, 113.	
IV. LES FORMATIONS SABLO-ARGILEUSES MAESTRICHTIENNES.....	114
Généralités, 114. — Dogondoutchi, 114. — La falaise du Niger à Sanafina, 116. — La colline de Combo, 116.	
V. PHÉNOMÈNES OROGÉNIQUES.....	119
VI. RÉSUMÉ GÉOLOGIQUE.....	120

DEUXIÈME PARTIE

LE BASSIN INTÉRIEUR DU TCHAD

	Pages
Généralités. — Plan d'étude.....	123
I. LE LAC TCHAD.....	125
1. Généralités sur le lac Tchad.....	125
Forme. Etendue. Profondeur, 125. — Affluents, 126. — Aspect général du Tchad, 126. — Nature du fond du Tchad, 129.	
2. Partie asséchée du nord du Tchad.....	130
De Kouloa à N'Guigmi à travers le fond du Tchad, 130. — De l'embouchure de la Komadougou au bord nord-est du Tchad, 132.	
3. Archipel des Boudoumas.....	134
Généralités, 134. — Kouloa, 135. — N'Gollom. Madiorou. Mattégou. Kamba. Kolékorarom. Farguimi, 136.	
4. Archipel des Kouris.....	138
De Samia à Bol, 138. — De Bol à la partie libre du Tchad, 139.	
5. Les variations du Tchad.....	139
6. Ancienne extension du Tchad.....	142
7. Origine du Tchad.....	142
8. Bordure septentrionale du Tchad.....	144
Région au nord de Kouloa, 144. — Dunes de bordure du nord du Tchad, 145. — Origine de ces dunes, 146. — Environs de N'Guigmi, 147.	
9. Bordure sud est du Tchad.....	149
Bahr el Gréani, 149. — Pointements de roches cristallines d'Hadjer el Hamis, 150.	
II. LES RÉGIONS SITUÉES A L'OUEST DU TCHAD.....	151
1. Manga occidental.....	151
Pointements de roches cristallines de Gamedou, 151. — Dépressions ou cuvettes, 152. — Mares, 153. — Mares salées. Manda et Kanwa, 153. — Gourselik. Préparation du sel, 154. — De Karagou à Mostafarem, 158. — Adebour, 159.	
2. Du Tchad au Mounio par le désert de Mir.....	160
Du Tchad à Mir, 160. — De Mir à Chirmaleck, 161. — De Chirmaleck à Gouré, 161.	
3. Région de la Komadougou.....	162

	Pages
III. LES RÉGIONS SITUÉES A L'EST, AU NORD-EST ET AU NORD DU TCHAD.	164
1. Le pays de Folé.....	164
Généralités, 164. — De Bol à Kouloa, 165.	
2. Dagana.	166
3. Kanem.....	168
Généralités 168. — Du Tchad à Mao, 169. — Mao et ses environs, 171. — Cuvette située à l'ouest de Mao, 171. — Cuvette située à l'est de Mao, 172. — De Mao à Zigueï, 173. — Partie méridionale du Kanem, 174.	
4. Lilloa.....	175
Généralités, 175. — Fort-Pradié, 176. — Environs de Zigueï, 177. — De Zigueï à Bou Fournin, 178. — De Zigueï à Bir Barka, 178.	
5. Chitati.....	179
Généralités, 179. — De Bir Barka à Leschour 179. — Cuvette de Leschour, 180. — De Leschour à N'Goum, 181. — De N'Goum à Kouloa, 182.	
6. Manga oriental.....	183
Généralités, 183. — Bahr Toumtouma (?) 183. — De N'Guigmi à Métimé, 184. — De Métimé à Barka Tébiann, 184. — Région au nord de Barka Tiébann, 184. — De N'Gourtî à Métimé. 185. — Puits de Nira, 185.	
7. Shilim Fahalanga.....	186
Généralités, 186. — De Zigueï à Hacha dans l'Egueï, 187. — D'Hacha à Aourak, 187.	
8. Egueï.....	188
Historique, 188. — Aperçu général, 189. — Faune malacologique, 191. — Minéraux de l'Egueï, 192. — Hangara, 192. — Environs d'Hangara, 194. — Koukourdeye, 194. — Sekhab, 195. — Entre Sekhab et Hacha, 196. — Hacha, 198. — D'Hacha à Fanengha, 200. — Conclusions, 201.	
9. Moji.....	202
Généralités, 202. — D'Hacha à Gouradi, 202. — D'Ouani à Hangara, 203.	
10. Toro et Gossom.....	205
Historique, 205. — Aperçu général, 205. — Faune malacologique, 206. — Gouradi, 207. — De Gouradi à Timidinga, 208. — De Timidinga à Toro-Doum, 208. — Toro-Doum, 209. — De Toro-Doum à Ouani, 210. — Ouani, 210. — De Toro-Doum à Koro-Kidinga, 211. — Conclusions, 212.	
11. Koro.....	212
Généralités, 212. — Koro-Kidinga, 213.	
12. La région du Bahr el Gazal.....	214
Généralités 214. — D'Aourak à Am Raya, 214. — Am Raya, 215. — De Fantrassou au Kanem, 215.	

	Pages
13. Bahr el Gazal.....	217
Généralités, 217. — Le Bahr el Gazal à Am Raya, 217. — Le Bahr el Gazal à Fantrassou, 218. — Ce que représente le Bahr el Gazal, 219.	
14. Autres régions situés à l'est et au nord-est du Tchad.....	223
Djourab, 223. — Borkou, 225. — Ennedi, 225. — Mortcha, 225. — Ouadaï, 226.	
15. Vue générale sur les régions tchadiennes.....	226
IV. RÉSUMÉ SUR LE BASSIN INTÉRIEUR DU TCHAD.....	229

TROISIÈME PARTIE

PÉTROGRAPHIE ET MINÉRALOGIE

A. — PÉTROGRAPHIE.

I. ROCHES DE LA RÉGION DE ZINDER.....	233
1. Série des roches calco-alcalines.....	234
Granite de Dakoussa, 234. — Granite des environs de Zermo, 234. — Granite à microcline d'Illéla, 235. — Granite à microcline de Dadori, 236. — Aplite de Kamsoua, 237. — Gneiss à pyroxène de Kandari, 237.	
2. Série des roches alcalines.....	237
Granite à ægyrine et amphibole sodique de Zinder, 238. — Granite à ægyrine et à amphibole sodique de Dambéda, 240. — Microgranite à ægyrine des environs de Tirmini, 240. — Grorudite, 241. — Trachyte quartzifère, 243.	
II. ROCHES DU MOU NIO.....	244
Considérations générales, 244. — Granites, 245. — Microgranites, 248. — Rhyolites, 251.	
III. ROCHES DES POINTEMENTS DE GAMEDOU.....	254
Microgranite de Gamedou, 254. — Rhyolite de Gamedou, 254.	
IV. RHYOLITES D'HADJER EL HAMIS.....	255

	Pages
V. CONSIDÉRATIONS SUR LA COMPOSITION CHIMIQUE DES ROCHES ALCALINES DU SOUDAN.....	257
VI. CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LA PROVINCE PÉTROGRAPHIQUE DES ROCHES ALCALINES DU SOUDAN.....	261

B. — MINÉRALOGIE.

Manda, 262. — Kanwa, 262. — Gypse, 263. — Egueïte, 263. —
Extraction du fer, 264. — Roches fondues par une cause indéter-
minée, 266.

RÉSUMÉ GÉNÉRAL.....	267
Addition.....	270
Errata....	270
Index alphabétique.....	271
Table des matières.....	275
Table des figures.....	282
Deuxième thèse : Propositions données par la Faculté.....	285

TABLE DES COUPES GÉOLOGIQUES

DES CARTES ET DES PHOTOGRAPHIES

	Pages
FIG. 1. — Carte schématique des régions situées entre le Niger et le Tchad et à l'est et au nord-est du Tchad.....	4
FIG. 2. — Coupe à travers le dallol Maouri	27
FIG. 3. — Falaise orientale du dallol Maouri, au sud de Matankari.	28
FIG. 4. — Buttes isolées par l'érosion, environs de Toulou, au sud de Bebeye.....	30
FIG. 5. — Coupe est-ouest à travers le Djerma.....	33
FIG. 6. — Coupe à travers les dallois Fogha et Maouri.....	35
FIG. 7. — Falaise orientale du dallol Maouri, à Dogondoutchi...	36
FIG. 8. — Coupe nord-ouest-sud-est, allant du dallol Maouri au Goulbi	38
FIG. 9. — Profil nord-sud à travers le Konni.....	39
FIG. 10. — Profil à travers le massif de Korgom.....	49
FIG. 11. — Coupe nord-est-sud-ouest d'Alberkaram à Gafati.	51
FIG. 12. — Coupe est-ouest, de la rive du Niger à Niamey.....	68
FIG. 13. — Coupe est-ouest à travers le Zamfara.....	71
FIG. 14. — Coupe est-ouest à travers le Katséna.....	73
FIG. 15. — Coupe nord-ouest-sud-est, passant par Boukoudou....	74
FIG. 16. — Carte géologique du nord-est du Damagarim.....	77
FIG. 17. — Coupe nord-ouest-sud-est de Zinder à Mirria.....	78
FIG. 18. — Coupe est-ouest passant par Dadori.....	79
FIG. 19. — Coupe est-ouest de Zinder à Dambéda.....	80
FIG. 20. — Carte géologique du Mounio.....	81
FIG. 21. — Carte géologique de l'extrémité nord-est du Mounio...	83
FIG. 22. — Coupe nord-est-sud-ouest à travers le massif situé à l'extrémité nord-est du Mounio.....	83
FIG. 23. — Coupe nord-sud à travers le massif situé au nord-ouest du Mounio, près de Guédio.....	84
FIG. 24. — Coupe est-ouest à travers le massif cristallin du Mounio.	85
FIG. 25. — Coupe nord-sud passant par Dirikoa.....	86
FIG. 26. — Coupe est-ouest passant à 500 mètres au nord du poste de Gouré.....	87

	Pages
FIG. 27. — Coupe nord-sud du Koutous au Mounio.....	89
FIG. 28. — Coupe schématique passant par le turonien du Damer- gou et le maestrichtien de l'Adar-Doutchi.....	91
FIG. 29. — Coupe est-ouest à travers le plateau d'Ambaroura.....	98
FIG. 30. — Coupe nord-sud de la falaise de Chokott.....	99
FIG. 31. — Coupe nord-sud de l'éperon de Bagueïe.....	100
FIG. 32. — Coupe est-ouest, à côté du four à chaux de Keïta.....	103
FIG. 33. — Coupe de la falaise située au nord de Tamaské.....	104
FIG. 34. — Coupe est-ouest passant par Sharingué.....	106
FIG. 35. — Coupe nord-sud relevée au sud de Djiguina.....	108
FIG. 36. — Coupe de Tamaské à Kalfou, montrant l'allure générale des formations maestrichtiennes de l'Adar-Doutchi.	110
FIG. 37. — Carte des gisements maestrichtiens du Soudan.....	111
FIG. 38. — Coupe est-ouest de Kaouard à Dogondoutchi, dans le Maouri.....	115
FIG. 39. — Coupe de la falaise située au nord de Sanafina, près du Niger.....	116
FIG. 40. — Coupe nord-est-sud-ouest, à travers la colline de Combo, sur le bord du Niger.....	117
FIG. 41. — Coupe relevée sur la rive gauche du Niger, à une quinzaine de kilomètres en amont de Gaya.....	118
FIG. 42. — Coupe schématique est-ouest à travers le lac Tchad....	127
FIG. 43. — Ilots, carrefours et chenaux ou bahrs de l'archipel des Kouris, au sud de Bol.....	128
FIG. 44. — Bahrs ou chenaux à l'intérieur du Tchad.....	129
FIG. 45. — Coupe passant par le poste de Kouloa.....	136
FIG. 46. — Portion d'une cuvette du Folé, près de Farguimi.....	137
FIG. 47. — Pointement rhyolitique de Gamedou.....	151
FIG. 48. — Gourselik. Industrie du sel.....	155
FIG. 49. — Coupe passant par Mao, montrant l'aspect du Kanem.	168
FIG. 50. — Vue des cuvettes situées au nord de Mao.....	169
FIG. 51. — Coupe relevée sur le bord occidental de la cuvette située à l'ouest de Mao, et montrant la disposition de ses formations sédimentaires en fond de bateau.....	172
FIG. 52. — Coupe relevée dans la cuvette située à l'est du poste de Mao (d'après le capitaine Freydenberg).....	173
FIG. 53. — Profil passant par Fort-Prédié et montrant l'aspect du Lilloa.....	175
FIG. 54. — Coupe du puits de Nira (d'après le capitaine Freyden- berg).....	186
FIG. 55. — Formation d'une dune autour d'un siwak (<i>Salvadora persica</i>), dans le nord de l'Egnei.....	190
FIG. 56. — Coupe passant pas le puits d'Hangara.....	192

	Pages
FIG. 57. — Coupe passant par le puits de Sekhab.....	196
FIG. 58. — Puits d'Ali Agringa.....	197
FIG. 59. — Coupe passant par le puits d'Hacha.....	198
FIG. 60. — Puits d'Hacha.....	199
FIG. 61. — Coupe à travers la cuvette de Fanengha.....	201
FIG. 62. — Coupe passant par le puits de Gouradi.....	207
FIG. 63. — Coupe passant par la région de Forogoro.....	209
FIG. 64. — Coupe nord-sud allant du puits de Koal au sillon du Bahr el Gazal.....	215
FIG. 65. — Carte des régions situées à l'est et au nord-est du Tchad	223
FIG. 66. — Traitement du minerai de fer à Mayakikoirra.....	265

PLANCHE & CARTES HORS TEXTE

- I. Quelques fossiles de l'Adar-Doutchi.
 - II. *a)* Carte géologique des régions explorées.
 b) Coupe allant du Niger au Borkou en passant par le Tchad.
 - III. Carte géographique indiquant les itinéraires géologiques suivis.
-

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

BOTANIQUE. — Caractères des plantes xérophiles.

ZOOLOGIE. — Les Gastéropodes : organisation, classification.

Vu et approuvé :

Paris, le 12 août 1910.

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

Paul APPELL.

Vu et permis d'imprimer :

Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,

L. LIARD.

Quelques fossiles de l'Adar-Doutchi.

LÉGENDE DE LA PLANCHE CI-CONTRE

1. a.b. *Venericardia Beaumonti* D'ARCHIAC
 2. *Cardium cf. halaense* D'ARCHIAC
 3. a.b. *Corbula striatuloïdes* FORBES
 4. *Turitella (Mesalia) fasciata* LAMARCK
 5. a.b. *Turitella sexlineata* RÖEMER
 6. a.b. *Turitella cf. nodosa* RÖEMER
 7. a.b. *Cerithium rude* SOWERBY
 8. *Cerithium sp.*
 9. *Cerithium sp.*
 10. *Cerithium sp.*
 11. a.b. *Volutilithes cf. crenulifer* BAYAN
 12. a.b. *Pleurotoma subfusiformis* D'ORBIGNY
 13. *Nucula cf. tenera* MÜLLER
-

Quelques fossiles de l'Adar-Doutchi

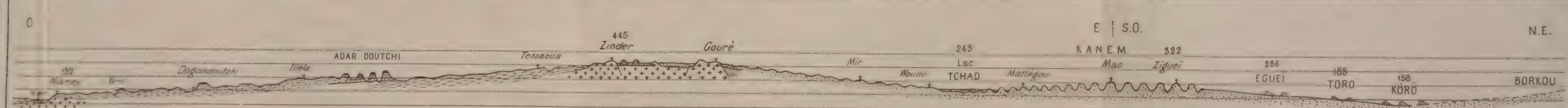
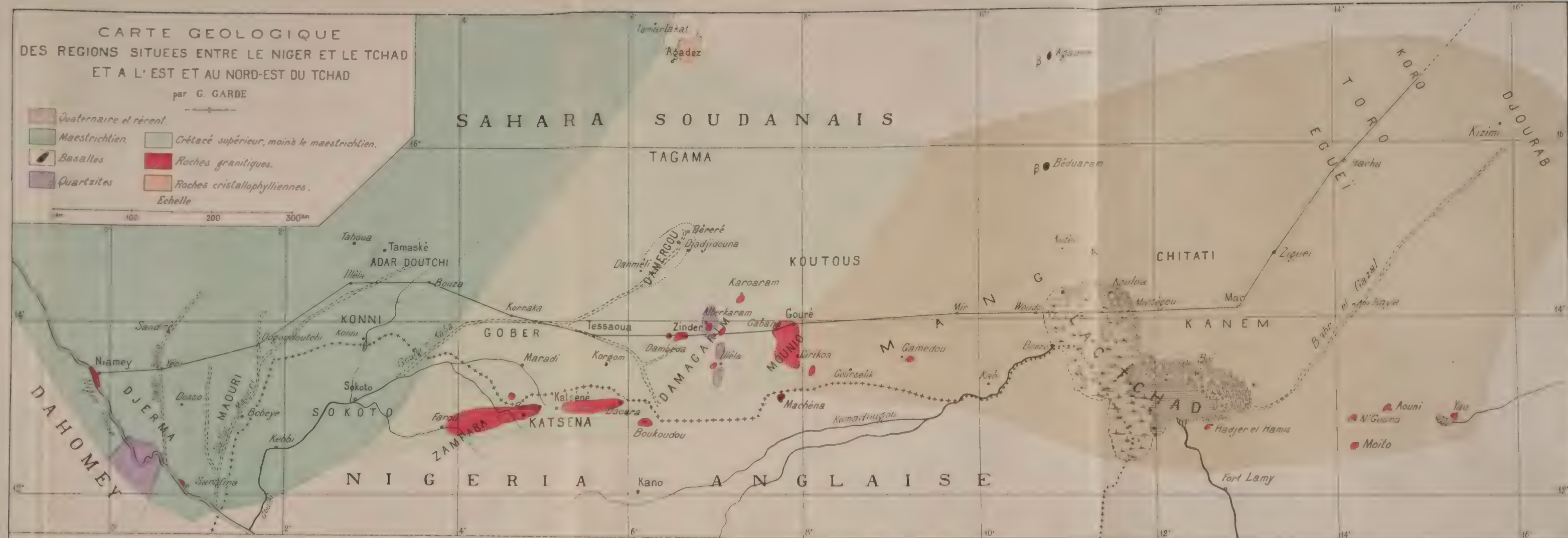


Photocollogr. Tortellier; Arcueil (Seine)

CARTE GEOLOGIQUE
DES REGIONS SITUEES ENTRE LE NIGER ET LE TCHAD
ET A L'EST ET AU NORD-EST DU TCHAD

par G. GARDE

- Quaternaire et récent.
 - Maestrichtien.
 - Basaltes
 - Quartzites
 - Crétacé supérieur, moins le maestrichtien.
 - Roches granitiques.
 - Roches cristallophylliennes.
- Echelle



Coupe géologique du Niger au Borkou par le Tchad

- Roches cristallophylliennes.
- Quartzite.
- Roches granitiques.
- Crétacé sup., moins le maestrichtien.
- Maestrichtien.
- Sables dunaires.

Mesures altimétriques de la Mission Tilho. Distance des lignes de niveau : 400 mètres.

CARTE GÉOGRAPHIQUE
des Régions situées entre le Niger et le Tchad
et à l'Est et au Nord-Est du Tchad.
(d'après la carte dressée par la mission Tilho)

— Itinéraires géologiques effectués. • Lieu habité. • Puits.

Echelle

0 50 100 150 200 Km.

